А. С. Енохович Справочник по физике

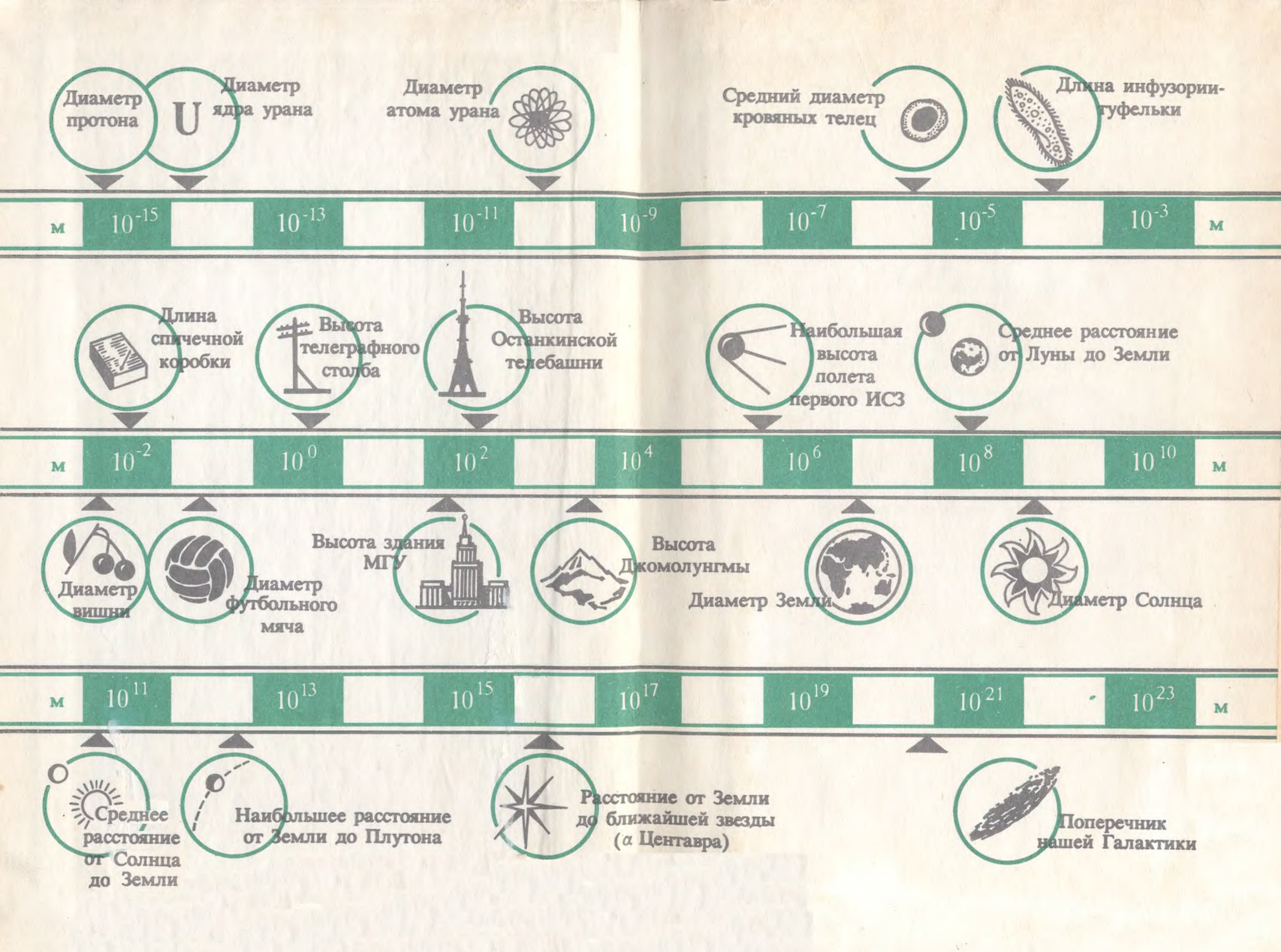


Библиотека учителя физики

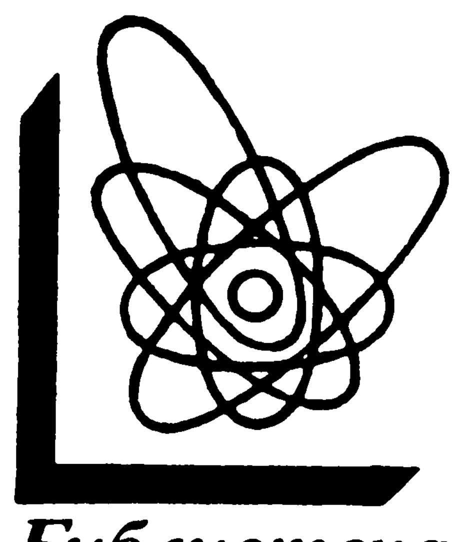
СИ

А. С. Енохович

Справочник по физике



Диаметр протона
U
Диаметр ядра урана
Диаметр атома урана
Средний диаметр кровяных телец
Длина инфузории-туфельки
м
10^{-15}
10^{-13}
10^{-11}
10^{-9}
10^{-7}
10^{-5}
10^{-3}
м
Длина спичечной коробки
Высота телеграфного столба
Высота Останкинской телебашни
Наибольшая высота полета первого ИСЗ
Среднее расстояние от Луны до Земли
м
10^{-2}
10^{0}
10^{2}
10^{4}
10^{6}
10^{8}
10^{10}
м
Диаметр вишни
Диаметр футбольного мяча
Высота здания МГУ
Высота Джомолунгмы
Диаметр Земли
Диаметр Солнца
м
10^{11}
10^{13}
10^{15}
10^{17}
10^{19}
10^{21}
10^{23}
м
Среднее расстояние от Солнца до Земли
Наибольшее расстояние от Земли до Плутона
Расстояние от Земли до ближайшей звезды (α Центавра)
Поперечник нашей Галактики



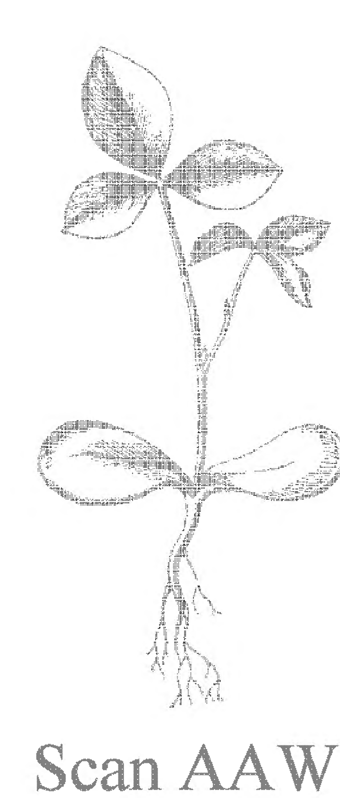
Библиотека учителя физики

А. С. Енохович

Справочник по физике

Рекомендовано Главным учебно-методическим управлением общего среднего образования Госкомитета СССР по народному образованию

2-е издание, переработанное и дополненное



МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1990

ББК 22.3я72
Е63

Рецензенты:

доктор педагогических наук, профессор Кировского педагогического института В. В. Мултановский; учитель физики школы № 528 Москвы Г. И. Неверов

Енохович А. С.

Е63 Справочник по физике.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Просвещение, 1990.—384 с.: ил.— (Б-ка учителя физики).— ISBN 5-09-001833-2.

В справочнике приведены значения физических констант по всем разделам курса физики, значения физических величин, встречающихся в технике, природе, быту, а также политехнический материал по новой технике и технологии современного производства.

Е $\frac{4306010000-719}{103(03)-90}$ подписное **ББК 22.3я72**

ISBN 5-09-001833-2

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий справочник адресован учителю физики средней школы. В нем собраны данные, представляющие интерес для учителя и необходимые ему в повседневной работе: при подготовке и проведении уроков, факультативных занятий, производственных экскурсий, при организации и проведении разнообразной внеклассной работы. Справочник может быть использован для подбора материала, нужного для конкретизации сообщаемых на уроках знаний, для развития интереса учащихся к предмету и удовлетворения их любознательности, для иллюстрации широких и самых различных практических применений физики, для составления задач по физике с реальными данными, для осуществления межпредметных связей. Справочник также поможет учителю в подготовке докладов, научно-популярных лекций и работе по самообразованию.

Помещенные в справочнике таблицы физических величин относятся ко всем разделам курса физики: к механике и акустике, молекулярной физике и теплоте, электричеству и магнетизму, оптике, строению атома и ядра.

В таблицах приведены принятые в настоящее время числовые значения физических констант, значения физических величин, встречающихся в технике, природе, быту, в смежных областях науки (астрономии, химии, геофизике). В справочнике содержатся также сведения политехнического характера: данные о новой технике (авиационной, космической, атомной и др.), о современных направлениях научно-технического прогресса (электрификации, теплофикации, механизации), о наиболее важных и распространенных технических объектах и сооружениях (физико-технические характеристики электростанций различного типа и их энергетического оборудования, крупнейших ускорителей заряженных частиц, атомных реакторов, ракет-носителей, транспортных и других машин и устройств). Приведены параметры технических сооружений, создание которых свидетельствует о высоком уровне развития современной науки и техники (атомных ледоколов, оптического телескопа БТА, термоядерных установок типа «Токамак», космических аппаратов «Мир», «Аполлон-11», «Спейс Шаттл» и др.). В справочнике учитель найдет и краткие сведения из истории физики и техники.

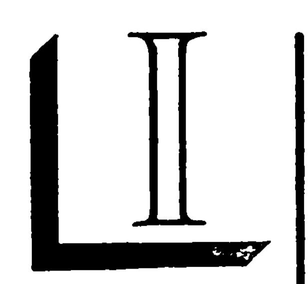
Одна из задач настоящего пособия — способствовать внедрению Международной системы единиц (СИ). В справочник включены сведения об этой системе, о рекомендуемых обозначениях физических величин, наименованиях и обозначениях единиц, о соотношениях между единицами, не входящими в СИ, и единицами Международной системы.

Все приведенные в справочнике значения физических величин даны в единицах СИ или кратных и дольных от них. Но во многих таблицах помещена дополнительная графа, в которой та или иная величина выражена в других единицах, получивших широкое распространение в различных областях науки, техники, в жизни. Например, такие единицы, как калория, лошадиная сила, миллиметр ртутного столба, еще часто встречаются в научно-технической литературе и употребляются в быту. Поэтому выражение той или иной физической величины в единицах СИ и параллельно в других единицах отражает существующее в настоящее время положение в практике применения систем измерения — наряду с единицами Международной системы применяются и другие единицы.

В пособии помещены также краткие сведения и о системе СГС. Условные графические обозначения для электрических и радиотехнических схем даны в соответствии с действующими государственными стандартами.

Во втором издании справочника уточнены значения физических величин, отражены некоторые новейшие достижения физики, переработан и дополнен раздел, касающийся тех областей современной техники и технологии, функционирование которых основывается на физике как научной основе и которые рассматриваются учителем на уроках при изложении учебного материала школьного курса. Уделено внимание вопросам, выявляющим роль физических знаний в охране окружающей природной среды.

Все замечания и предложения, направленные на улучшение справочника, будут приняты с благодарностью.



ВВОДНЫЙ РАЗДЕЛ

1. Обозначения физических величин

Величина	Обозначение	Величина	Обозначение
Амплитуда колебания	a, A	Доза излучения поглощенная (доза излучения)	D
Атомная масса относительная	A_r	Емкость электрическая	C
Атомный номер	Z	Жесткость	k
Боровский радиус	a_0	Заряд электрический	Q, q
Валентность	n	Заряд электрона	e
Вектор Пойнтинга	S, Π	Звуковая энергия	W
Вес	G, P, W	Импульс (количество движения)	p
Вес удельный	γ	Импульс силы	I
Влажность абсолютная	α	Индуктивность	L
Влажность относительная	φ	Индуктивность взаимная	M
Восприимчивость магнитная	χ_m	Индукция магнитная	B
Время	t, T	Индукция электрическая	D
Время полураспада	$T_{1/2}$	Интенсивность звука	I
Высота	h	Количество вещества	n, ν
Вязкость динамическая (вязкость)	η, μ	Количество теплоты	Q
Вязкость кинематическая	ν	Количество электричества	Q
Главное квантовое число	n	Коэффициент давления температурный	α_p
Давление	p	Коэффициент диффузии	D
Дефект массы	B	Коэффициент запаса прочности	k, n
Диаметр	d	Коэффициент звукопоглощения	α
Диэлектрическая постоянная	ε_0	Коэффициент линейного расширения температурный	α, α_l
Диэлектрическая проницаемость	ε	Коэффициент мощности	$\cos\varphi$
Диэлектрическая проницаемость абсолютная	ε_a	Коэффициент объемного расширения температурный	β, α_V
Диэлектрическая проницаемость относительная	ε_r	Коэффициент отражения	ρ
Длина	l	Коэффициент поглощения	α
Длина волны	λ	Коэффициент полезного действия	η
Длина пути оптическая	L		
Длина свободного пробега молекулы	l		

Величина	Обозначение
Коэффициент пропускания	τ
Коэффициент Пуассона	μ, ν
Коэффициент самоиндукции	L
Коэффициент теплопроводности	k, λ
Коэффициент трансформации	n
Коэффициент трения качения	k
Коэффициент трения скольжения	f, μ
Коэффициент электрического сопротивления температурный	α
Крутящий момент двигателя	$M_{кр}$
Лучистая энергия (энергия излучения)	Q_e
Лучистый поток (поток излучения)	Φ_e
Магнетон Бора	μ_B
Магнитный поток	Φ
Магнитная проницаемость	μ
Магнитная проницаемость абсолютная	μ_a
Магнитная проницаемость относительная	μ_r
Масса	m
Масса атома	m_a
Масса атомной единицы массы	m_u
Масса мезона	m_π, m_μ
Масса нейтрона	m_n
Масса протона	m_p
Масса ядра	m_N
Модуль упругости	E
Молярная масса	M
Момент инерции динамический	I, J
Момент количества движения (момент импульса)	L
Момент силы	M
Мощность	N, P
Мощность дозы излучения	$\dot{D}$
Мощность электрической цепи активная	P
Мощность электрической цепи полная	S
Мощность электрической цепи реактивная	Q_l
Напор	H
Напряжение механическое нормальное	σ
Напряжение механическое касательное	τ
Напряжение электрическое	U
Напряженность магнитного поля	H
Напряженность электрического поля	E
Нормальное ускорение свободного падения	g_n
Объем	V
Объемная плотность электрического заряда	ρ
Оптическая разность хода	Δ
Оптическая сила	D
Освещенность	E
Парциальное давление компонента B в газовой смеси	p_B
Период колебаний	T
Период полураспада	$T_{1/2}$
Плотность	ρ
Плотность электрического заряда поверхностная	σ
Плотность (поверхностиая) электрического тока	J
Плотность энергии магнитиого поля	$w_м$
Плотность энергии электрического поля	$w_э$
Площадь	A, S
Поверхностное натяжение	σ, γ
Подвижность	μ
Показатель преломления	n, n_λ
Постоянная Авогадро	N_A
Постоянная Больцмана	k
Постоянная Вина	b
Постоянная газовая универсальная (молярная газовая постоянная)	R
Постоянная газовая удельная	R_0
Постоянная гравитационная	G
Постоянная Лошмидта	N_L, n_0
Постоянная магнитная	μ_0
Постоянная Планка	h, $\hbar$
Постоянная Ридберга	R_∞
Постоянная Стефана — Больцмана	σ
Постоянная Фарадея	F
Постоянная электрическая	ε_0
Потенциал электрический в данной точке	V, φ
Потенциал ионизации	V
Поток магнитный	Φ
Поток световой	Φ_V, Φ
Предел прочности	$\sigma_{пч}$
Предел упругости	$\sigma_{уп}$
Проводимость электрическая	G
Проводимость электрическая удельная	γ

Величина	Обозначение
Путь	s
Работа	A, W
Работа выхода	A
Радиус	r
Радиус электрона	r_e
Радиус ядра	$r_{яд}$
Разность фаз (в оптике)	δ
Разность фаз напряжения и тока	φ, ψ, ϑ, θ
Сжимаемость	k
Сила, сила тяжести	F, R, Q
Сила инерции	F, Φ
Сила коэрцитивная	H_c
Сила магнитодвижущая	F, $F_м$
Сила света	I, I_V
Сила тока	I
Скорость звука	c
Скорость линейная	v, w, u, c
Скорость света	c
Скорость света групповая	u
Скорость света фазовая	v
Скорость угловая	ω
Сопротивление электрическое; сопротивление электрической цепи активное	R
Сопротивление электрической цепи полное	Z
Сопротивление электрической цепи реактивное	X
Сопротивление электрическое удельное	ρ
Степень сжатия	ε
Твердость (по Бринеллю)	HB
Температура термодинамическая	T, Θ
Температура Цельсия	t
Теплоемкость	C
Теплоемкость удельная	c
Теплоемкость удельная при постоянном давлении	c_p
Теплоемкость удельная при постоянном объеме	c_V
Теплопроводность	λ, k
Теплота парообразования удельная	r
Теплота плавления удельная	λ
Теплота сгорания удельная	q
Точка росы	t_r
Увеличение линейное	β
Увеличение окуляра, лупы, микроскопа	$\bar{\Gamma}$
Угол отражения луча	ε', γ, ψ
Угол падения луча	ε, α, φ
Угол плоский	α, β, γ
Угол поворота	φ
Угол преломления луча	i', r
Угол телесный	ω, Ω
Удельный расход топлива	g_e
Удлинение абсолютное	Δl
Удлинение относительное	ε
Ускорение линейное	a
Ускорение свободного падения	g
Ускорение угловое	α
Фаза колебания	φ
Центр сферической поверхности	C
Циклическая частота (угловая частота)	ω
Частота периодического процесса	ν, f
Частота вращения, частота ударов	n
Число витков обмотки	w, N
Число молекул	N
Число молекул в единице объема	n
Число нейтронов в нуклиде	N
Число оборотов в минуту	n
Число пар полюсов	p
Эквивалентная доза	H
Экспозиционная доза	X
Электродвижущая сила	$\mathcal{E}$, E
Электрохимический эквивалент	k
Энергия	E, W
Энергия внутренняя	U
Энергия кинетическая	E_k, T, K
Энергия магнитного поля	$W_м$
Энергия потенциальная	E_p, U, V
Энергия световая	Q, Q_V
Энергия электрического поля	$W_э$
Энергия электромагнитного поля, энергия электрическая	W
Энтальпия	H
Энтропия	S
Ядерный магнетон	μ_N
Яркость	B, L. L_V

2. Обозначения едниниц физических величин

Наименование	Обозначенне	
	русское	международное
Ампер	А	A
Ампер на метр	А/м	A/m
Ампер на квадратный метр	А/м^2	A/m^2
Ампер-час	А·ч	A·h
Ангстрем	Å	Å
Астрономическая единица	а.е.	ua
Атмосфера техническая	ат	at
Атмосфера физическая (нормальная)	атм	atm
Атомная единица массы	а. е. м.	u
Бар	бар	bar
Барн	б	b
Беккерель	Бк	Bq
Бел	Б	B
Бэр	бэр	rem
Вар	вар	var
Ватт	Вт	W
Ватт на квадратный метр	Вт/м^2	W/m^2
Ватт на килограмм	Вт/кг	W/kg
Ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)	W/(m·K)
Ватт на метр-градус Цельсия	Вт/(м·°С)	W/(m·°C)
Ватт-час	Вт·ч	W·h
Вебер	Вб	Wb
Вольт	В	V
Вольт-ампер	В·А	V·A
Вольт на метр	В/м	V/m
Гаусс	Гс	Gs
Гектар	га	ha
Гектолитр	гл	hl
Генри	Гн	H
Геири на метр	Ги/м	H/m
Герц	Гц	Hz
Гигакалория	Гкал	Gcal
Гильберт	Гб	Gb
Год	год	a
Градус (единица плоского угла)	...°	...°
Градус Цельсия	°С	°C
Грамм	г	g
Грамм на кубический сантиметр	г/см^3	g/cm^3
Грамм-сила	гс	gf
Грэй	Гр	Gy
Децибел	дБ	dB
Дециметр	дм	dm
Джоуль	Дж	J
Джоуль на квадратный метр	Дж/м^2	J/m^2
Джоуль на кельвин	Дж/К	J/K
Джоуль на килограмм (грэй)	Дж/кг	J/kg
Джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)
Джоуль-секунда	Дж·с	J·s
Дина	дин	dyn
Дина на квадратный сантиметр	дин/см^2	dyn/sm^2
Зиверт	Зв	Sv
Икс-единица	икс-ед.	X

Продолжение

Наименование	Обозначение	
	русское	международное
Калория	кал	cal
Калория на градус Цельсия	кал/°C	cal/°C
Калория на грамм	кал/г	cal/g
Калория на грамм-градус Цельсия	кал/(г·°C)	cal/(g·°C)
Калория на Кельвин	кал/К	cal/K
Кандела	кд	cd
Кандела на квадратный метр	кд/м^2	cd/m^2
Карат	кар	—
Квадратный метр	м^2	m^2
Квадратный метр на вольт-секунду	м^2/(В·с)	m^2/(V·s)
Квадратный сантиметр	см^2	cm^2
Кельвин	К	K
Килоампер на метр	кА/м	kA/m
Киловатт	кВт	kW
Киловатт-час	кВт·ч	kW·h
Килогерц	кГц	kHz
Килограмм	кг	kg
Килограмм-метр в квадрате в секунду	кг·м^2/с	kg·m^2/s
Килограмм-метр в секунду	кг·м/с	kg·m/s
Килограмм на кубический метр	кг/м^3	kg/m^3
Килограмм-сила	кгс	kgf
Килограмм-сила-метр	кгс·м	kgf·m
Килограмм-сила-метр в секунду	кгс·м/с	kgf·m/s
Килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм^2	kgf/mm^2
Килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см^2	kgf/cm^2
Килоджоуль	кДж	kJ
Килокалория	ккал	kcal
Килокалория на градус Цельсия	ккал/°C	kcal/°C
Килокалория на килограмм	ккал/кг	kcal/kg
Килокалория на килограмм-градус Цельсия	ккал/(кг·°C)	kcal/(kg·°C)
Километр	км	km
Километр в час	км/ч	km/h
Киломоль	кмоль	kmol
Килопаскаль	кПа	kPa
Кубический метр	м^3	m^3
Кубический метр в секунду	м^3/с	m^3/s
Кубический сантиметр	см^3	cm^3
Кулон	Кл	C
Кулон на квадратный метр	Кл/м^2	C/m^2
Кюри	Ки	Ci
Литр	л	l
Литр-атмосфера	л·атм	l·atm
Лошадиная сила	л. с.	—
Лошадиная сила-час	л. с.·ч.	—
Люкс	лк	lx
Люмен	лм	lm
Люмен-секунда	лм·с	lm·s
Максвелл	Мкс	Mx
Мегаампер	МА	MA
Мегаватт	МВт	MW
Мегавольт	МВ	MV
Мегагерц	МГц	MHz
Мегакалория	Мкал	Mcal

Наименование	Обозначение	
	русское	международное
Мегаом	МОм	MΩ
Мегапаскаль	МПа	MPa
Мегатонна	Мт	Mt
Месяц	мес	—
Метр	м	m
Метр в секунду	м/с	m/s
Метр иа секунду в квадрате	м/с^2	m/s^2
Микроампер	мкА	μA
Микроватт	мкВт	μW
Микрограмм	мкг	μg
Микрометр	мкм	μm
Микросекунда	мкс	μs
Миллиампер	мА	mA
Миллибар	мбар	mbar
Милливатт	мВт	mW
Милливольт	мВ	mV
Миллиграмм	мг	mg
Миллиметр	мм	mm
Миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	mm H_2O
Миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	mm Hg
Миллисекунда	мс	ms
Миля морская	миля	mile
Миля морская в час (см. узел)	миля/ч	mile/h
Минута	мин	min
Минута (единица плоского угла)	...′	...′
Минута в минус первой степени	мин$^{-1}$	min^{-1}
Моль	моль	mol
Нанометр	нм	nm
Неделя	нед	—
Ньютон	Н	N
Ньютон-метр	Н·м	N·m
Ньютон на кубический метр	Н/м^3	N/m^3
Ньютон на метр	Н/м	N/m
Ньютон-секунда	Н·с	N·s
Оборот в минуту	об/мин	r/min
Оборот в секунду	об/с	r/s
Ом	Ом	Ω
Ом-квадратный миллиметр на метр	Ом·мм^2/м	Ω·mm^2/m
Ом-метр	Ом·м	Ω·m
Ом-сантиметр	Ом·см	Ω·cm
Парсек	пк	pc
Паскаль (ньютон на квадратный метр)	Па	Pa
Паскаль-секунда	Па·с	Pa·s
Пикофарада	пФ	pF
Пуаз	П	P
Радиан	рад	rad
Радиан в секунду	рад/с	rad/s
Рентген	Р	R
Сантилитр	сл	cl
Сантиметр	см	cm
Сантиметр в секунду	см/с	cm/s
Сантиметр на секунду в квадрате	см/с^2	cm/s^2
Сантипуаз	сП	cP

Продолжение

Наименование	Обозначение	
	русское	международное
Сантистокс	сСт	cSt
Световой год	св. год	l. y.
Секунда	с	s
Секунда (единица плоского угла)	...″	...″
Секунда в минус первой степени	$с^{-1}$	s^{-1}
Сименс	См	S
Сименс на метр	См/м	S/m
Стерадиан	ср	sr
Стокс	Ст	St
Сутки	сут	d
Тесла	Тл	T
Тонна	т	t
Тонна-сила	тс	tf
Тонна-сила-метр	тс·м	tf·m
Узел	уз	kn
Фарад	Ф	F
Фарад на метр	Ф/м	F/m
Центнер	ц	q
Час	ч	h
Электронвольт	эВ	eV
Эрг	эрг	erg
Эрг в секунду	эрг/с	erg/s
Эрстед	Э	Oe

3. Основные и дополнительные единицы Международной системы (СИ)

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Определение
		русское	международное	
1	2	3	4	5
		Основные единицы		
Длина	метр	м	m	Метр равен длине пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени 1/299 792 458 с
Масса	килограмм	кг	kg	Килограмм равен массе международного прототипа килограмма
Время	секунда	с	s	Секунда равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133
Сила электрического тока	ампер	А	A	Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н
Термодинамическая температура	кельвин	К	K	Кельвин равен 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды
Количество вещества	моль	моль	mol	Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц

1	2	3	4	5
Сила света	кандела	кд	cd	Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.
Дополнительные единицы				
Плоский угол	радиан	рад	rad	Радиан равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу
Телесный угол	стерадиан	ср	sr	Стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы

4. Производные единицы Международной системы

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Определение
		русское	международное	
1	2	3	4	5
Единица пространства и времени				
Площадь	квадратный метр	$м^2$	m^2	Квадратный метр равен площади квадрата со сторонами, длины которых равны 1 м
Объем, вместимость	кубический метр	$м^3$	m^3	Кубический метр равен объему куба с ребрами, длины которых равны 1 м

Продолжение

1	2	3	4	5
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s	Метр в секунду равен скорости прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на расстояние 1 м
Ускорение	метр на секунду в квадрате	$м/с^2$	m/s^2	Метр на секунду в квадрате равен ускорению прямолинейно и равноускоренно движущейся точки, при котором за время 1 с скорость точки изменяется на 1 м/с
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s	Радиан в секунду равен угловой скорости равномерно вращающегося тела, при которой за время 1 с совершается поворот тела относительно оси вращения на угол 1 рад
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	$рад/с^2$	rad/s^2	Радиан на секунду в квадрате равен угловому ускорению равноускоренно вращающегося тела, при котором за время 1 с угловая скорость тела изменяется на 1 рад/с
Частота периодического процесса	герц	Гц	Hz	Герц равен частоте периодического процесса, при которой за время 1 с происходит один цикл периодического процесса
Частота вращения	секунда в минус первой степени	$с^{-1}$	s^{-1}	Секунда в минус первой степени равна частоте вращения, при которой за время 1 с происходит один цикл вращения (один оборот)
	Единицы механических величин			
Плотность	килограмм на кубический метр	$кг/м^3$	kg/m^3	Килограмм на кубический метр равен плотности однородного вещества, масса которого при объеме 1 $м^3$ равна 1 кг
Сила	ньютон	Н	N	Ньютон равен силе, сообщающей телу массой 1 кг ускорение 1 $м/с^2$ в направлении действия силы
Давление, напряжение (механическое)	паскаль	Па	Pa	Паскаль равен давлению (механическому напряжению), вызываемому силой 1Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 $м^2$
Жесткость	ньютон на метр	Н/м	N/m	Ньютон на метр равен жесткости такого тела, которое под действием на него силы 1Н испытывает абсолютную деформацию, равную 1 м

1	2	3	4	5
Момент силы	ньютон-метр	Н·м	N·m	Ньютон-метр равен моменту силы, создаваемому силой 1Н относительно точки, расположенной на расстоянии 1 м от линии действия силы
Импульс силы	ньютон-секунда	Н·с	N·s	Ньютон-секунда равна импульсу силы, создаваемому силой 1Н, действующей в течение времени 1 с
Импульс (количество движения)	килограмм-метр в секунду	кг·м/с	kg·m/s	Килограмм-метр в секунду равен импульсу (количеству движения) тела массой 1 кг, движущегося поступательно со скоростью 1 м/с
Момент импульса (момент количества движения)	килограмм-метр в квадрате в секунду	кг·м^2/с	kg·m^2/s	Килограмм-метр в квадрате в секунду равен моменту импульса (моменту количества движения) тела с моментом инерции 1 кг·м^2, вращающегося с угловой скоростью 1 рад/с
Момент инерции	килограмм-метр в квадрате	кг·м^2	kg·m^2	Килограмм-метр в квадрате равен моменту инерции тела массой 1 кг, находящегося на расстоянии 1 м от оси инерции
Поверхностное натяжение	ньютон на метр	Н/м	N/m	Ньютон на метр равен поверхностному натяжению, создаваемому силой 1Н, приложенной к участку контура свободной поверхности длиной 1 м и действующей нормально к контуру и по касательной к поверхности
Работа	джоуль	Дж	J	Джоуль равен работе, совершаемой при перемещении точки приложения силы 1Н на расстояние 1 м в направлении действия силы
Мощность	ватт	Вт	W	Ватт равен мощности, при которой за время 1 с совершается работа 1 Дж
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па·с	Pa·s	Паскаль-секунда равна динамической вязкости среды, касательное напряжение в которой при ламинарном течении и при разности скоростей слоев, находящихся на расстоянии 1 м по нормали к направлению скорости, равной 1 м/с, равно 1 Па
Кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	м^2/с	m^2/s	Квадратный метр на секунду равен кинематической вязкости, при которой динамическая вязкость среды плотностью 1 кг/м^3 равна 1 Па·с

Продолжение

1	2	3	4	5
	Единицы акустических величин			
Звуковое давление	паскаль	Па	Pa	См. определение единицы давления (с. 14)
Акустическое сопротивление	паскаль-секунда на кубический метр	$Па \cdot с/м^3$	$Pa \cdot s/m^3$	Паскаль-секунда на кубический метр равен акустическому сопротивлению области звукового поля, в которой объемная скорость 1 $м^3$/с создается при звуковом давлении 1 Па
Звуковая энергия	джоуль	Дж	J	Джоуль равен звуковой энергии, эквивалентной работе 1 Дж
Поток звуковой энергии	ватт	Вт	W	Ватт равен потоку звуковой энергии, эквивалентному механической мощности 1 Вт
Звуковая мощность	ватт	Вт	W	Ватт равен звуковой мощности, эквивалентной механической мощности 1 Вт
Интенсивность звука	ватт на квадратный метр	$Вт/м^2$	W/m^2	Ватт на квадратный метр равен интенсивности звука, при которой через поверхность площадью 1 $м^2$, перпендикулярную направлению распространения звука, передается поток звуковой энергии 1 Вт
Плотность звуковой энергии	джоуль на кубический метр	$Дж/м^3$	J/m^3	Джоуль на кубический метр равен плотности звуковой энергии в канале объемом 1 $м^3$ при звуковой энергии 1 Дж
	Единицы тепловых величин			
Количество теплоты	джоуль	Дж	J	Джоуль равен количеству теплоты, эквивалентному работе 1 Дж
Удельное количество теплоты, удельная теплота сгорания, удельная теплота фазового превращения	джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg	Джоуль на килограмм равен удельному количеству теплоты системы, в которой веществу массой 1 кг сообщается (или отбирается от него) количество теплоты 1 Дж

Продолжение

1	2	3	4	5
Теплоемкость системы	джоуль на кельвин	Дж/К	J/K	Джоуль на кельвин равен теплоемкости системы, температура которой повышается на 1 К при подведении к системе количества теплоты 1 Дж
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	Джоуль на килограмм-кельвин равен удельной теплоемкости вещества, имеющего при массе 1 кг теплоемкость 1 Дж/К
Тепловой поток	ватт	Вт	W	Ватт равен тепловому потоку, эквивалентному механической мощности 1 Вт
Поверхностная плотность теплового потока	ватт на квадратный метр	Вт/м^2	W/m^2	Ватт на квадратный метр равен поверхностной плотности теплового потока 1 Вт, равномерно распределенного по поверхности площадью 1 м^2
Энтропия системы	джоуль на кельвин	Дж/К	J/K	Джоуль на кельвин равен изменению энтропии системы, которой при температуре *n* К в изотермическом процессе сообщается количество теплоты *n* Дж
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)	W/(m·K)	Ватт на метр-кельвин равен теплопроводности вещества, в котором при стационарном режиме с поверхностной плотностью теплового потока 1 Вт/м^2 устанавливается температурный градиент 1 К/м
Коэффициент теплообмена	ватт на квадратный метр-кельвин	Вт/(м^2·К)	W/(m^2·K)	Ватт на квадратный метр-кельвин равен коэффициенту теплообмена, соответствующему поверхностной плотности теплового потока 1 Вт/м^2 при разности температур 1 К
Удельная газовая постоянная	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)	J/(kg·K)	Джоуль на килограмм-кельвин равен удельной газовой постоянной идеального газа массой 1 кг, совершающего при повышении температуры на 1 К и при постоянном давлении работу 1 Дж
Коэффициент диффузии	квадратный метр на секунду	м^2/с	m^2/s	Квадратный метр на секунду равен коэффициенту диффузии, при котором за время 1 с через площадку 1 м^2 при градиенте концентрации 1 м$^{-4}$ проходит одна частица
Температурный коэффициент	кельвин в минус первой степени	К$^{-1}$	K^{-1}	Кельвин в минус первой степени равен температурному коэффициенту относительного изменения физической величины, при котором изменение температуры на 1 К от принятой за начальную вызывает относительное изменение этой величины, равное единице

Продолжение

1	2	3	4	5
	Единицы электрических и магнитных величин			
Количество электричества; электрический заряд	кулон	Кл	C	Кулон равен количеству электричества, проходящего через поперечное сечение при силе тока 1 А за время 1 с
Поверхностная плотность электрического заряда	кулон на квадратный метр	$Кл/м^2$	C/m^2	Кулон на квадратный метр равен поверхностной плотности электрического заряда, при которой заряд, равномерно распределенный по поверхности площадью 1 $м^2$, равен 1 Кл
Плотность электрического тока	ампер на квадратный метр	$А/м^2$	A/m^2	Ампер на квадратный метр равен плотности электрического тока, при которой сила тока, равномерно распределенного по поперечному сечению проводника площадью 1 $м^2$, равна 1 А
Электрическое напряжение	вольт	В	V	Вольт равен электрическому напряжению, вызывающему в электрической цепи постоянный ток силой 1 А при мощности 1 Вт
Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м	V/m	Вольт на метр равен напряженности однородного электрического поля, при которой между двумя точками, находящимися на линии напряженности поля на расстоянии 1 м, создается разность потенциалов 1 В
Электрическая емкость	фарад	Ф	F	Фарад равен электрической емкости конденсатора, при которой заряд 1 Кл создает между обкладками конденсатора напряжение 1 В
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω	Ом равен электрическому сопротивлению проводника, между концами которого возникает напряжение 1 В при силе постоянного тока 1 А
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	Ом·м	Ω·m	Ом-метр равен удельному электрическому сопротивлению вещества, при котором участок выполненной из этого вещества электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 $м^2$ имеет сопротивление 1 Ом
Электрическая проводимость	сименс	См	S	Сименс равен электрической проводимости участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом

1	2	3	4	5
Удельная электрическая проводимость	сименс на метр	См/м	S/m	Сименс на метр равен удельной электрической проводимости вещества, при которой участок выполненной из этого вещества электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 $м^2$ имеет электрическую проводимость 1 См
Абсолютная диэлектрическая проницаемость	фарад на метр	Ф/м	F/m	Фарад на метр равен абсолютной диэлектрической проницаемости, при которой электрическое поле напряженностью 1 В/м создает электрическое смещение 1 $Кл/м^2$
Электрохимический эквивалент	килограмм на кулон	кг/Кл	kg/C	Килограмм на кулон равен электрохимическому эквиваленту вещества, которое откладывается на электроде в количестве 1 кг при прохождении через электролит 1 Кл
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb	Вебер равен магнитному потоку, создаваемому однородным магнитным полем при индукции 1 Тл сквозь поперечное сечение проводника площадью 1 $м^2$
Магнитная индукция	тесла	Тл	T	Тесла равна магнитной индукции, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 $м^2$ равен 1 Вб
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	А/м	A/m	Ампер на метр равен напряженности магнитного поля в центре длинного соленоида с равномерно распределенной обмоткой, по которой проходит ток $1/n$ А, где n — число витков на участке соленоида длиной 1 м
Индуктивность	генри	Гн	H	Генри равен индуктивности электрической цепи, в которой возникает ЭДС самоиндукции 1 В при равномерном изменении силы тока в ней со скоростью 1 А/с
Электромагнитная энергия	джоуль	Дж	J	Джоуль равен электромагнитной энергии, эквивалентной работе 1 Дж
Активная мощность	ватт	Вт	W	Ватт равен активной мощности, эквивалентной механической мощности 1 Вт
Реактивная мощность	вар	вар	var	Вар равен реактивной мощности при напряжении 1 В, силе тока 1 А и $\sin \varphi = 1$
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	V·A	Вольт-ампер равен полной мощности при напряжении 1 В и силе тока 1 А
Абсолютная магнитная проницаемость	генри на метр	Гн/м	H/m	Генри на метр равен абсолютной магнитной проницаемости среды, в которой при напряженности магнитного поля 1 А/м создается магнитная индукция 1 Тл

Продолжение

1	2	3	4	5
Единицы величин оптического излучения				
Световой поток	люмен	лм	lm	Люмен равен световому потоку, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд
Освещенность	люкс	лк	lx	Люкс равен освещенности поверхности площадью 1 $м^2$ при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм
Яркость	кандела на квадратный метр	$кд/м^2$	cd/m^2	Кандела на квадратный метр равна яркости равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 $м^2$ в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд
Оптическая сила линзы	метр в минус первой степени	$м^{-1}$	m^{-1}	Метр в минус первой степени равен оптической силе линзы, имеющей главное фокусное расстояние 1 м
Световая энергия	люмен-секунда	лм·с	lm·s	Люмен-секунда равна световой энергии, соответствующей световому потоку 1 лм, излучаемому или воспринимаемому в течение 1 с
Единицы величин, выражаемых через количество вещества				
Молярная масса	килограмм на моль	кг/моль	kg/mol	Килограмм на моль равен молярной массе вещества, имеющего при количестве вещества 1 моль массу 1 кг
Молярный объем	кубический метр на моль	$м^3/моль$	m^3/mol	Кубический метр на моль равен молярному объему вещества, занимающего при количестве вещества 1 моль объем 1 $м^3$
Молярная внутренняя энергия	джоуль на моль	Дж/моль	J/mol	Джоуль на моль равен молярной внутренней энергии вещества в количестве 1 моль, внутренняя энергия которого равна 1 Дж
Молярная теплоемкость	джоуль на моль-кельвин	Дж/(моль·К)	J/(mol·K)	Джоуль на моль-кельвин равен молярной теплоемкости вещества, имеющего при количестве вещества 1 моль теплоемкость 1 Дж/К
Единицы величин ионизирующих излучений				
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	грэй	Гр	Gy	Грэй равен поглощенной дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж

Продолжение

1	2	3	4	5
Мощность поглощенной дозы излучения	грэй в секунду	Гр/с	Gy/s	Грэй в секунду равен мощности поглощенной дозы излучения, при которой за время 1 с облученным веществом поглощается доза излучения 1 Гр
Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучений	кулон на килограмм	Кл/кг	C/kg	Кулон на килограмм равен экспозиционной дозе рентгеновского и гамма-излучений, при которой сопряженная корпускулярная эмиссия в сухом атмосферном воздухе массой 1 кг производит ионы, несущие электрический заряд каждого знака, равный 1 Кл
Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений	ампер на килограмм	А/кг	A/kg	Ампер на килограмм равен мощности экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений, при которой за время 1 с сухому атмосферному воздуху передается экспозиционная доза излучения 1 Кл/кг
Эквивалентная доза излучения	зиверт	Зв	Sv	Зиверт равен эквивалентной дозе излучения, при которой поглощенная доза равна 1 Гр и коэффициент качества* излучения равен единице
Мощность эквивалентной дозы излучения	зиверт в секунду	Зв/с	Sv/s	Зиверт в секунду равен мощности эквивалентной дозы излучения, при которой за время 1 с облучаемым веществом поглощается эквивалентная доза излучения 1 Зв
Активность нуклида	беккерель	Бк	Bq	Беккерель равен активности нуклида в радиактивном источнике, в котором за время 1 с происходит один акт распада
Интенсивность ионизирующего излучения	ватт на квадратный метр	$Вт/м^2$	W/m^2	Ватт на квадратный метр равен интенсивности излучения, при которой на поверхность площадью 1 $м^2$ падает излучение мощностью 1 Вт перпендикулярно этой поверхности
Поток энергии ионизирующего излучения	ватт	Вт	W	Ватт равен потоку энергии ионизирующего излучения, при котором за время 1 с переносится сквозь некоторое сечение энергия ионизирующего излучения 1 Дж

* См. табл. 9

5. Единицы системы СГС, имеющие собственные наименования, и другие единицы, применяемые в физике

Величина	Единица			
Наименование	Наименование	Обозначение		Значение в единицах СИ
		русское	международное	
1	2	3	4	5
Длина	икс-единица	икс-ед.	X	$1,00206 \cdot 10^{-13}$ м
Масса	атомная единица массы	а. е. м.	u	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг
Площадь	барн	б	b	10^{-28} м^2
Сила, вес	дина	дин	dyn	10^{-5} Н
Момент силы	дина-сантиметр	дин·см	dyn·cm	10^{-7} Н·м
Давление, напряжение механическое	дина на квадратный сантиметр	дин/см^2	dyn/cm^2	0,1 Па
Работа, энергия	эрг	эрг	erg	10^{-7} Дж
	электронвольт	эВ	eV	$1,60219 \cdot 10^{-19}$ Дж ≈ ≈ $1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж
	килоэлектронвольт	кэВ	keV	≈ $1,602 \cdot 10^{-16}$ Дж
	мегаэлектронвольт	МэВ	MeV	≈ $1,602 \cdot 10^{-13}$ Дж
	гигаэлектронвольт	ГэВ	GeV	≈ $1,602 \cdot 10^{-10}$ Дж
Мощность	эрг в секунду	эрг/с	erg/s	10^{-7} Вт
Динамическая вязкость	пуаз	П	P	0,1 Па·с
	сантипуаз	сП	cP	10^{-3} Па·с
Кинематическая вязкость	стокс	Ст	St	10^{-4} м^2/с
	сантистокс	сСт	cSt	10^{-6} м^2/с
Коэффициент диффузии	квадратный сантиметр на секунду	см^2/с	cm^2/s	10^{-4} м^2/с
Поверхностное натяжение	дина на сантиметр	дин/см	dyn/cm	10^{-3} Н/м
Интенсивность звука	эрг в секунду на квадратный сантиметр	эрг/(с·см^2)	erg/(s·cm^2)	10^{-3} Вт/м^2
Удельное количество теплоты; удельная теплота фазового превращения	эрг на грамм	эрг/г	erg/g	10^{-4} Дж/кг
Удельная теплоемкость; удельная газовая постоянная	эрг на грамм-кельвин	эрг/(г·К)	erg/(g·K)	10^{-4} Дж/(кг·К)
Энтропия системы; теплоемкость системы	эрг на кельвин	эрг/К	erg/K	10^{-7} Дж/К
Тепловой поток	эрг в секунду	эрг/с	erg/s	10^{-7} Вт
Коэффициент теплопередачи	эрг в секунду на квадратный сантиметр-кельвин	эрг/(с× ×см^2·К)	erg/(s× ×cm^2·K)	10^{-3} Вт/(м^2·К)

1	2	3	4	5
Теплопроводность	эрг в секунду на сантиметр-кельвин	эрг/(с× ×см·К)	erg/(s× ×cm·K)	10^{-5} Вт/(м·К)
Сила электрического тока	единица СГС	—	—	$10/c$* А $=333{,}564\times$ $\times10^{-12}$ А
Электрический заряд, количество электричества	единица СГС	—	—	$10/c$ Кл $=$ $=333{,}564\cdot10^{-12}$ Кл
Электрические: напряжение, потенциал, разность потенциалов, ЭДС	единица СГС	—	—	$10^{-8}\ c$ В $=$ $=299{,}7925$ В
Напряженность электрического поля	единица СГС	—	—	$10^{-6}\ c$ В/м $=$ $=29{,}97925\cdot10^{3}$ В/м
Электрическая емкость	единица СГС	см	cm	$10^{9}/c^{2}$ Ф $=$ $=1{,}11265\cdot10^{-12}$ Ф
Электрическое сопротивление	единица СГС	—	—	$10^{-9}\ c^{2}$ Ом $=$ $=898{,}755\cdot10^{9}$ Ом
Удельное электрическое сопротивление	единица СГС	—	—	$10^{-11}\ c^{2}$ Ом·м $=$ $=8{,}98755\cdot10^{9}$ Ом·м
Электрическая проводимость	единица СГС	—	—	$10^{9}/c^{2}$ См $=$ $=1{,}11265\cdot10^{-12}$ См
Удельная электрическая проводимость	единица СГС	—	—	$10^{11}/c^{2}$ См·м$^{-1}=$ $=111{,}265\times$ $\times10^{-12}$ См·м$^{-1}$
Магнитный поток	максвелл	Мкс	Mx	10^{-8} Вб
Магнитная индукция	гаусс	Гс	Gs	10^{-4} Тл
Магнитодвижущая сила	гильберт	Гб	Gb	$10/(4\pi)$ А $=$ $=0{,}795775$ А
Напряженность магнитного поля	эрстед	Э	Oe	$10^{3}/(4\pi)$ А/м $=$ $=79{,}5775$ А/м
Индуктивность, взаимная индуктивность	единица СГС	—	—	10^{-9} Гн
Магнитное сопротивление	единица СГС	—	—	$10^{9}/(4\pi)$ А/Вб $=$ $=79{,}5775\cdot10^{6}$ А/Вб
Магнитная проводимость	единица СГС	—	—	$10^{-9}\ 4\pi$ Вб/А $=$ $=12{,}5664\times$ $\times10^{-9}$ Вб/А
Освещенность	фот	фот	ph	10^{4} лк
Яркость	стильб	сб	sb	10^{4} кд/м^{2}
Поток излучения	эрг в секунду	эрг/с	erg/s	10^{-7} Вт

* *c* здесь и ниже — численное значение скорости распространения электромагнитных волн в вакууме (в см/с).

1	2	3	4	5
Плотность потока энергии	эрг в секунду на квадратный сантиметр	эрг/(с·см^2)	erg/(s·cm^2)	10^{-3} Вт/м^2
Поглощенная доза излучения	эрг на грамм	эрг/г	erg/g	10^{-4}Гр
Мощность поглощенной дозы излучения	эрг в секунду на грамм	эрг/(с·г)	erg/(s·g)	10^{-4} Вт/кг
Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность изотопа)	распад в секунду	расп/с	—	1 Бк

6. Единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Величина	Единица			
Наименование	Наименование	Обозначение: русское	Обозначение: международное	Значение в единицах СИ или определение
1	2	3	4	5
Масса	тонна	т	t	10^3 кг
Время	минута	мин	min	60 с
	час	ч	h	3600 с
	сутки *	сут	d	86 400 с
Плоский угол	градус	...°	...°	см. табл. 7
	минута	...′	...′	
	секунда	...″	...″	
Площадь	гектар	га	ha	10^4 м^2
Вместимость	литр	л	l	10^{-3} м^3
Относительная величина (безразмерное отношение физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную: КПД, относительная плотность, относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости и т. п.)	процент	%	%	10^{-2}
	промилле	‰	‰	10^{-3}
	миллионная доля	млн$^{-1}$	ppm	10^{-6}
Температура Цельсия, разность температур	градус Цельсия	°С	°C	см. табл. 7

* Допускается применять также единицы времени: неделя, месяц, год.

1	2	3	4	5
Логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную: уровень звукового давления, усиление, ослабление и т. п.)	бел	Б	B	1 Б $=\lg \frac{P_2}{P_1}$* при $P_2=10\ P_1$ 1 Б $=2\lg \frac{F_2}{F_1}$* при $F_2=\sqrt{10}\ F_1$
	децибел	дБ	dB	0,1 Б
Частотный интервал	октава	окт	—	1 октава $=\log_2 \frac{f_2}{f_1}$** при $\frac{f_2}{f_1}=2$
	декада	дек	—	1 декада $=\lg \frac{f_2}{f_1}$ при $\frac{f_2}{f_1}=10$
Количество информации	бит	бит	bit	1 бит — количество информации, получаемое при осуществлении одного из двух равновероятных событий

* P_1, P_2 — одноименные энергетические величины (мощности, энергии, плотности энергии и т. п.); F_1, F_2 — одноименные «силовые» величины (напряжения, силы тока, давления, напряженности поля и т. п.).

** f_1, f_2 — частоты; $\log_2$ — знак логарифма при основании 2.

7. Значения внесистемных единиц, выраженные в единицах СИ

Величина	Единица			
Наименование	Наименование	Обозначение: русское	Обозначение: международное	Значение в единицах СИ
1	2	3	4	5
Длина	икс-единица	икс-ед.	X	$1{,}00206\cdot10^{-13}$ м
	ангстрем	Å	Å	10^{-10} м
	кабельтов	кб	—	185,2 м
	морская миля	миля	mile	1852 м
	астрономическая единица	а. е.	ua	$1{,}49600\cdot10^{11}$ м
	световой год	св. год	ly	$\approx9{,}4605\cdot10^{15}$ м
	парсек	пк	pc	$\approx3{,}0857\cdot10^{16}$ м
Масса	атомная единица массы	а. е. м.	u	$1{,}66057\cdot10^{-27}$ кг
	карат	кар	ct	$2\cdot10^{-4}$ кг
	центнер	ц	q	10^{2} кг
	тонна	т	t	10^{3} кг

1	2	3	4	5
Время	минута	мин	min	60 с
	час	ч	h	3600 с
	сутки	сут	d	86 400 с
	год (тропический)	год	a	31 556 925,9747 с
Плоский угол	секунда	...″	...″	$\pi/648\,000$ рад= =$4{,}848137\cdot10^{-6}$ рад
	минута	...′	...′	$\pi/10\,800$ рад= =$2{,}908882\cdot10^{-4}$ рад
	градус	...°	...°	$\pi/180$ рад= =$1{,}745329\cdot10^{-2}$ рад
Телесный угол	полный телесный угол	—	—	4π ср=12,56637 ср
Площадь	ар	а	a	100 $м^2$
	гектар	га	ha	10^4 $м^2$
	барн	б	b	10^{-28} $м^2$
Объем	литр	л	l	10^{-3} $м^3$
Скорость	узел	уз	kn	0,514444 м/с
	метр в минуту	м/мин	m/min	0,016667 м/с
	метр в час	м/ч	m/h	$0{,}277778\cdot10^{-3}$ м/с
	километр в час	км/ч	km/h	0,277778 м/с
Частота вращения	оборот в секунду	об/с	r/s	$с^{-1}$
	оборот в минуту	об/мин	r/min	$1/60$ $с^{-1}$=0,01667 $с^{-1}$
Сила	тонна-сила	тс	tf	$9{,}80665\cdot10^3$ Н
	грамм-сила	гс	gf	$9{,}80665\cdot10^{-3}$ Н
Работа, энергия	килограмм-сила-метр	кгс·м	kgf·m	9,80665 Дж
	лошадиная сила-час	л. с.·ч	—	$2{,}64780\cdot10^6$ Дж
	литр-атмосфера	л·атм	l·atm	101,325 Дж
	электронвольт	эВ	eV	$1{,}60219\cdot10^{-19}$ Дж
	мегаэлектронвольт	МэВ	MeV	$1{,}60219\cdot10^{-13}$ Дж
Мощность	лошадиная сила	л. с.	—	735,499 Вт
	килограмм-сила-метр в секунду	кгс·м/с	kgf·m/s	9,80665 Вт
Динамическая вязкость	килограмм-сила-секунда на квадратный метр	кгс·с/$м^2$	kgf·s/m^2	9,80665 Па·с
Кинематическая вязкость	квадратный метр на час	$м^2$/ч	m^2/h	$2{,}778\cdot10^{-4}$ $м^2$/с
Количество электричества, электрический заряд	ампер-час	А·ч	A·h	3600 Кл
Удельное электрическое сопротивление	ом-квадратный миллиметр на метр	Ом×$мм^2$/м	Ω×mm^2/m	10^{-6} Ом·м
	ом-сантиметр	Ом·см	Ω·cm	10^{-2} Ом·м
Количество теплоты, внутренняя энергия	калория	кал	cal	4,1868 Дж
	килокалория	ккал	kcal	$4{,}1868\cdot10^3$ Дж

Продолжение

1	2	3	4	5
Температура Цельсия, разность температур	градус Цельсия	°C	°C	$T=t+T_0$, где T — термодинамическая температура, t температура Цельсия, $T_0=$ $=273{,}15$ K
Удельное количество теплоты	калория на грамм	кал/г	cal/g	$4{,}1868\cdot 10^3$ Дж/кг
	килокалория на килограмм	ккал/кг	kcal/kg	$4{,}1868\cdot 10^3$ Дж/кг
Теплоемкость системы	калория на градус Цельсия	кал/°C	cal/°C	4,1868 Дж/К
	килокалория на градус Цельсия	ккал/°C	kcal/°C	$4{,}1868\cdot 10^3$ Дж/К
Удельная теплоемкость	калория на грамм-градус Цельсия	кал/(г×°C)	cal/(g×°C)	$4{,}1868\cdot 10^3$ Дж/(кг·К)
	килокалория на килограмм-градус Цельсия	ккал/(кг·°C)	kcal/(kg·°C)	$4{,}1868\cdot 10^3$ Дж/(кг·К)
Тепловой поток	калория в секунду	кал/с	cal/s	4,1868 Вт
	килокалория в час	ккал/ч	kcal/h	1,1630 Вт
Поверхностная плотность теплового потока	калория в секунду на квадратный сантиметр	кал/(с×см²)	cal/(s×cm²)	$4{,}1868\cdot 10^4$ Вт/м²
	килокалория в час на квадратный метр	ккал/(ч·м²)	kcal/(h·m²)	1,1630 Вт/м²
Коэффициент теплообмена, коэффициент теплопередачи	калория на квадратный сантиметр-секунда-градус Цельсия	кал/(с×см²×°C)	cal/(s×cm²×°C)	$4{,}1868\cdot 10^4$ Вт/(м²·К)
	килокалория на квадратный метр-час-градус Цельсия	ккал/(ч·м²×°C)	kcal/(h·m²×°C)	1,1630 Вт/(м²·К)
Теплопроводность (коэффициент теплопроводности)	калория в секунду на сантиметр-градус Цельсия	кал/(с×см×°C)	cal/(s×cm×°C)	$4{,}1868\cdot 10^2$ Вт/(м·К)
	килокалория в час на метр-градус Цельсия	ккал/(ч×м×°C)	kcal/(h×m×°C)	1,1630 Вт/(м·К)
Давление	бар	бар	bar	10^5 Па
	миллибар	мбар	mbar	10^2 Па
	миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	mm H_2O	9,80665 Па
	миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	mm Hg	133,322 Па
	техническая атмосфера	ат, или кгс/см²	at, kgf/cm²	$9{,}80665\cdot 10^4$ Па
	физическая атмосфера	атм	atm	101 325 Па
Напряжение (механическое)	килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм²	kgf/mm²	$9{,}80665\cdot 10^6$ Па

1	2	3	4	5
Яркость	апостильб	асб	asb	0,32 кд/м^2
Поглощенная доза излучения	рад	рад	rad	0,01 Гр
Эквивалентная доза излучения	бэр	бэр	rem	0,01 Зв
Мощность дозы излучения	рад в секунду рад в час	рад/с рад/ч	rad/s rad/h	0,01 Гр/с $2{,}77778\cdot10^{-6}$ Гр/с
Мощность эквивалентной дозы	бэр в секунду	бэр/с	rem/s	10^{-2} Зв/с
Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения	рентген	Р	R	$2{,}58\cdot10^{-4}$ Кл/кг
Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения	рентген в секунду рентген в минуту рентген в час	Р/с Р/мин Р/ч	R/s R/min R/h	$2{,}58\cdot10^{4}$ А/кг $4{,}30\cdot10^{-6}$ А/кг $7{,}17\cdot10^{-8}$ А/кг
Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность изотопа)	кюри	Ки	Ci	$3{,}700\cdot10^{10}$ Бк

8. Внесистемные единицы ионизирующих излучений

Наименование величины и ее обозначение	Единица			
	Наименование	Обозначение		Определение
		русское	международное	
1	2	3	4	5
Поглощенная доза, D	рад	рад	rad	Рад равен поглощенной дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 г передается энергия ионизирующего излучения 100 эрг

1	2	3	4	5
Поглощенная доза рентгеновского и гамма-излучений, *X*	рентген	Р	R	Рентген равен экспозиционной дозе рентгеновского или гамма-излучений, при которой в 1 $см^3$ воздуха, находящегося при нормальных условиях, образуется такое число положительных и отрицательных ионов, что суммарно они нéсут 1 ед. заряда СГС каждого знака
Эквивалентная доза излучения, *H*	бэр	бэр	rem	Бэр равен эквивалентной дозе излучения, производящей такое же биологическое действие, как и доза рентгеновского или гамма-излучений в 1 рентген
Активность радионуклида, *A*	кюри	Ки	Ci	Кюри равен активности радионуклида, в котором за время 1 с происходит $3{,}700 \times 10^{10}$ актов распада

9. Соотношения между единицами ионизирующих излучений

1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад

1 Зв = 1 Дж/кг = 100 бэр = 1 Гр/К* = $= 1\ \frac{\text{Дж/кг}}{\text{К*}} = 100$ рад/К*

1 Кл/кг = $3{,}88 \cdot 10^3$ Р

1 Бк = 1 расп./с = $2{,}703 \cdot 10^{-11}$ Ки

1 рад = 100 эрг/г = 10^{-2} Дж/кг = 10^{-2} Гр

1 бэр = 10^{-2} Зв = 1 сЗв = 1 рад/К* = $= 10^{-2}\ \frac{\text{Дж/кг}}{\text{К*}} = 10^{-2}$ Гр/К*

1 Р = $2{,}58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг

1 Ки = $3{,}7 \cdot 10^{10}$ расп./с = $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Бк

---

*К — безразмерный коэффициент качества ионизирующего излучения (иногда его обозначают буквой *Q*). Коэффициент качества служит для перевода числового значения поглощенной дозы излучения в эквивалентную дозу. Приняты следующие значения К для различных видов излучения:

Рентгеновское и гамма-излучения . . . 1	Нейтроны с энергией $\leqslant 0{,}1 - 10$ Мэв 10
Электроны, позитроны, β-излучение . . 1	Протоны с энергией $\leqslant 10$ Мэв 10
Нейтроны с энергией $\leqslant 20$ кэВ 3	α-излучение с энергией 10 МэВ 20

10. Приставки СИ для образования десятичных кратных и дольных единиц

Наименование		Обозначение приставки		Множитель
		русское	международное	
Кратные	экса	Э	E	10^{18}
	пета	П	P	10^{15}
	тера	Т	T	10^{12}
	гига	Г	G	10^{9}
	мега	М	M	10^{6}
	кило	к	k	10^{3}
	гекто	г	h	10^{2}
	дека	да	da	10^{1}
Дольные	деци	д	d	10^{-1}
	санти	с	c	10^{-2}
	милли	м	m	10^{-3}
	микро	мк	μ	10^{-6}
	нано	н	n	10^{-9}
	пико	п	p	10^{-12}
	фемто	ф	f	10^{-15}
	атто	а	a	10^{-18}

11. Старые русские единицы

Единицы длины

Верста	=500 саженям= =1,0668 км
Сажень	=3 аршинам= =2,1336 м
Аршин	=16 вершкам= =71,120 см
Фут	30,48 см
Вершок	4,445 см
Дюйм	25,4 мм
Линия	2,54 мм
Точка	0,254 мм

Единицы площади

Квадратная верста	1,13806 $км^2$
Десятина	=2400 квадратным саженям=10 925 $м^2$
Квадратная сажень	=9 квадратным аршинам=4,552 $м^2$
Квадратный аршин	=256 квадратным вершкам= =0,50580 $м^2$
Квадратный фут	9,290 $дм^2$
Квадратный вершок	19,758 $см^2$
Квадратный дюйм	6,452 $см^2$
Квадратная линия	6,452 $мм^2$

Единицы объема, вместимости

Кубическая сажень	=27 кубическим аршинам= =9,7126 $м^3$
Кубический аршин	0,35972 $м^3$
Кубический фут	≈28,317 $дм^3$
Кубический вершок	≈87,824 $см^3$
Кубический дюйм	≈16,387 $см^3$
Кубическая линия	≈16,387 $мм^3$

а) *Единицы объема, вместимости для жидкостей*

Бочка	=40 ведрам= =491,91 л=0,5 $м^3$
Ведро	≈12,299 л
Четверть (ведра)	≈3,0749 л
Штоф	=0,1 ведра= =1,230 л
Шкалик	≈61,497 мл

б) *Единицы объема, вместимости для сыпучих тел*

Четверть	=8 четверикам= =64 гарнцам= =209,91 $дм^3$

Четверик (или мера)	=8 гарнцам= =26,239 дм^3	Лот	=3 золотникам= =12,797 г
Гарнец	≈3,27984 дм^3	Золотник	=96 долям= =4,2657 г
Единицы массы		Доля	44,435 мг
Берковец	=10 пудам= =163,8 кг		
Пуд	=40 фунтам= =16,3805 кг	*Единица скорости*	
Фунт	=32 лотам= =96 золотникам= =409,51 г	Верста в час	≈1,067 км/ч≈ ≈0,30 м/с

12. Неметрические единицы, применяемые в Англии и США

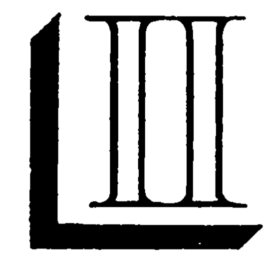
Единицы длины		а) *Единицы объема, вместимости для жидкостей*	
Морская миля международная	=1852 м (точно)	Баррель нефтяной (США)	≈159,0 л
Миля сухопутная	=1760 ярдам= =1609,344 м (точно)	Галлон (английский)	=4 квартам= =8 пинтам≈4,546 л
Фарлонг	≈201,17 м	Галлон (США)	≈3,785 л
Кабельтов	=185,2 м (точно)	Кварта (английская)	≈1,136 л
Ярд	=3 футам= =36 дюймам= =0,9144 м (точно)	Кварта жидкостная (США)	≈0,946 л
Фут	=12 дюймам= =30,48 см (точно)	Пинта (английская)	≈0,568 л
Дюйм	=25,40 мм (точно)	Пинта жидкостная (США)	≈0,473 л
Большая линия	=2,54 мм (точно)		
Малая линия	≈2,117 мм	б) *Единицы объема, вместимости для сыпучих тел*	
Единицы площади		Баррель сухой (США)	≈115,6 л
Квадратная миля	=640 акрам≈ ≈2,590 км^2	Бушель (английский)	=8 галлонам (английским) ≈36,37 л
Акр	=4840 квадратным ярдам≈4047 м^2	Бушель (США)	=64 пинтам≈ ≈35,24 л
Квадратный ярд	=9 квадратным футам ≈ 0,836 м^2	Пинта сухая (США)	≈0,551 л
Квадратный фут	=144 квадратным дюймам≈0,0929 м^2	Галлон сухой (США)	≈4,4 л
Квадратный дюйм	≈6,452 см^2	Кварта сухая (США)	≈1,1 л
Квадратная линия (большая)	≈6,452 мм^2		
Единицы объема, вместимости		*Единицы массы*	
Кубический ярд	=27 кубическим футам≈0,7646 м^3	Тонна длинная	=2240 фунтам= =1,12 короткой тонне≈1,016 т
Кубический фут	=1728 кубическим дюймам≈0,02832 м^3	Тонна короткая	=2000 фунтам≈ ≈0,907 т
Кубический дюйм	≈16,387 см^3		

Центнер длинный	=112 фунтам ≈ ≈ 50,80 кг	Драхма тройская (аптекарская)	≈ 3,89 г
Центиер короткий	=100 фунтам ≈ ≈ 45,36 кг	Драхма (английская)	≈ 1,772 г
Фунт (торговый)	=16 унциям = =256 драхмам = =7000 гранам ≈ ≈ 453,59 г	Гран	≈ 64,8 мг
		Единицы скорости	
Тройская унция	= аптекарскөй унции ≈ 31,10 г	Морская миля в час (узел)	0,541 м/с ≈ ≈ 1,85 км/ч
Торговая унция (унция)	=16 драхмам ≈ ≈ 28,35 г	Миля в час	≈ 0,447 м/с
		Фут в секунду	≈ 0,305 м/с

13. Римские цифры

I	1	XI	11	XXX	30	CD	400
II	2	XII	12	XL	40	D	500
III	3	XIII	13	L	50	DC	600
IV	4	XIV	14	LX	60	DCC	700
V	5	XV	15	LXX	70	DCCC	800
VI	6	XVI	16	LXXX	80	CM	900
VII	7	XVII	17	XC	90	M	1000
VIII	8	XVIII	18	C	100	MM	2000
IX	9	XIX	19	CC	200	MMM	3000
X	10	XX	20	CCC	300	$\bar{V}$	5000
						$\bar{D}$	500 000
						$\bar{M}$	1 000 000

Пример. 1977 — MCMLXXVII.



ТАБЛИЦЫ ПО ФИЗИКЕ

14. Физические постоянные

Наименование	Символ	Числовое значение	Множитель в СИ	Множитель в системе СГС
Скорость света	c	2,99792458	10^{8} м·с$^{-1}$	10^{10} см·с$^{-1}$
Заряд электрона	e	1,60217733	10^{-19} Кл	10^{-20} СГСМ$_Q$
		4,803242	—	10^{-10} СГСЭ$_Q$
Постоянная Планка	h	6,6260755	10^{-34} Дж·с	10^{-27} эрг·с
	$\hbar=\frac{h}{2\pi}$	1,05457266	10^{-34} Дж·с	10^{-27} эрг·с
Постоянная Авогадро	L, N_A	6,0221367	10^{23} моль$^{-1}$	10^{23} моль$^{-1}$
Атомная единица массы	а. е. м.	1,6605402	10^{-27} кг	10^{-24} г
Масса покоя электрона	m_e	9,1093897	10^{-31} кг	10^{-28} г
		5,485779	10^{-4} а. е. м.	10^{-4} а. е. м.
Масса покоя протона	m_p	1,6726231	10^{-27} кг	10^{-24} г
		1,00727647	а. е. м.	а. е. м.
Масса покоя нейтрона	m_n	1,6749286	10^{-27} кг	10^{-24} г
		1,008664904	а. е. м.	а. е. м.
Отношение массы протона к массе электрона	$\frac{m_p}{m_e}$	1836,152701	1	1
Отношение заряда электрона к его массе	$\frac{e}{m_e}$	1,7588196	10^{11} Кл·кг$^{-1}$	10^{7} СГСМ$_Q$·г$^{-1}$
		5,272759	1	10^{17}СГСЭ$_Q$·г$^{-1}$
Постоянная (число) Фарадея	F	9,6485309	10^{4} Кл·моль$^{-1}$	10^{3} СГСМ$_Q$·моль$^{-1}$
		2,892599	—	10^{14} СГСЭ$_Q$·моль$^{-1}$
Постоянная Ридберга	R_∞	1,097373153	10^{7} м$^{-1}$	10^{5} см$^{-1}$
Постоянная Ридберга для водорода	R_H	1,096776	10^{7} м$^{-1}$	10^{5} см$^{-1}$
Радиус Бора	a_0	5,29177249	10^{-11} м	10^{-9} см
Классический радиус электрона	r_e	2,81794092	10^{-15} м	10^{-13} см
Магнетон Бора	μ_B	9,2740154	10^{-24} Дж·Тл$^{-1}$	10^{-21} эрг·Гс$^{-1}$

2 Заказ 683

Наименование	Символ	Числовое значение	Множитель в СИ	Множитель в системе СГС
Магнитный момент электрона	μ_e	9,2847701	10^{-24} Дж·Тл$^{-1}$	10^{-21} эрг·Гс$^{-1}$
Комптоновская длина волны электрона	λ_e	2,426310	10^{-12} м	10^{-10} см
Комптоновская длина волны протона	λ_p	1,3214105	10^{-15} м	10^{-13} см
Комптоновская длина волны нейтрона	λ_n	1,3195911	10^{-15} м	10^{-13} см
Газовая постоянная	R	8,314510	Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$	10^{7} эрг× ×моль$^{-1}$·К$^{-1}$
Постоянная Больцмана	k	1,380658	10^{-23} Дж·К$^{-1}$	10^{-16} эрг·К$^{-1}$
Постоянная Стефана — Больцмана	σ	5,67051	10^{-8} Вт·м$^{-2}$× ×К$^{-4}$	10^{-5} эрг·с$^{-1}$× ×см$^{-2}$·К$^{-4}$
Постоянная закона смещения Вина	b, C	0,289775	10^{-2} м·К	см·К
Постоянная (число) Лошмидта	N_L	2,68676	10^{25} м$^{-3}$	10^{19} см$^{-3}$
Гравитационная постоянная	G	6,67259	10^{-11} Н·м^{2}× ×кг$^{-2}$	10^{-8} дин·см^{2}·г$^{-2}$
Нормальное ускорение свободного падения	g_n	9,80665	м·с$^{-2}$	10^{2} см·с$^{-2}$
Плотность воды максимальная (при $t=3{,}98$°C и $p=$ $=101\ 325$ Па)	ρ_{H_2O}	999,973	кг·м$^{-3}$	10^{-3} г·см$^{-3}$
Нормальное атмосферное давление	$p_{атм}$	101 325	Па	10 дин·см$^{-2}$
Скорость звука в воздухе при нормальных условиях	c	331,46	м·с$^{-1}$	10^{2} см·с$^{-1}$
Длина желтой линии в спектре натрия	D	589,3	10^{-9} м	10^{-7} см
Порог слышимости (нулевой уровень давления)	p_0	0,00002	Па	10 дин·см$^{-2}$
Плотность сухого воздуха при нормальных условиях	$\rho_{возд}$	1,293	кг·м$^{-3}$	10^{-3} г·см$^{-3}$
Плотность ртути при нормальных условиях	ρ_{Hg}	13 595,04	кг·м$^{-3}$	10^{-3} г·см$^{-3}$
Объем моля идеального газа при нормальных условиях	V_m	22,41410	10^{-3}м^{3}·моль$^{-1}$	10^{3} см^{3}·моль$^{-1}$
Магнитная постоянная	μ_0	12,566371	10^{-7} Гн·м$^{-1}$	1*
Электрическая постоянная	ε_0	8,854188	10^{-12} Ф·м$^{-1}$	1*

* В абсолютной (гауссовой) системе СГС $\varepsilon_0=\mu_0=1$.

15. Физические свойства воздуха

Средняя относительная молекулярная масса 28,96

Плотность сухого воздуха (при нормальном давлении), кг/м^3

при $t=-50$°C 1,58

при $t=0$°C 1,29

при $t=20$°C 1,20

при $t=100$°C 0,95

при $t=1000$°C 0,28

Плотность жидкого воздуха при $t=-194$°C, кг/м^3 861

	мкПа·с	мкП
Динамическая вязкость воздуха при нормальном давлении		
при $t=0$°C	17,1	171
при $t=20$°C	18,2	182
Динамическая вязкость жидкого воздуха при $t=-183$°C	158	1580

Скорость звука, м/с

при $t=0$°C 331,5

при $t=20$°C 343,1

Температура плавления твердого воздуха, °C . . . . -213

» кипения жидкого воздуха, °C . . . . $-192,0$

	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°C)
Удельная теплоемкость при постоянном давлении в интервале температур		
от 0 до 100°C	1,00	0,24
от 0 до 1400°C	1,04	0,25
Удельная теплоемкость жидкого воздуха при $t=-192$°C	2,05	0,49

Температурный коэффициент объемного расширения, К$^{-1}$ или °C^{-1} 0,00367

Критические параметры:

температура, °C . . . . $-140,6$

давление, МПа (ат) 3,7 (38,4)

плотность, кг/м^3 350

	Вт/(м·К)	ккал/(м·ч·°C)
Теплопроводность при нормальном давлении		
при $t=0$°C	0,024	0,021
при $t=20$°C	0,026	0,023
при $t=100$°C	0,032	0,028

Объем воздуха, образующегося при испарении 1 л жидкого воздуха, м^3 0,675

Объем жидкого воздуха, образующегося при конденсации 1 м^3 воздуха, взятого при $t=15$°C и нормальном давлении, л 1,379

Удельная электропроводность (у земной поверхности), См/м . . . . . $1\cdot10^{-18}-2\times10^{-18}$

Диэлектрическая проницаемость (при нормальном атмосферном давлении)

при $t=0$°C 1,00059

при $t=19$°C 1,00058

Электрическая прочность воздуха при нормальных условиях, кВ/см 30

Показатель преломления (относительно вакуума) 1,00029

16. Физические свойства воды

Молекулярная масса	18,01
Радиус молекулы воды, нм	0,138
Плотность воды, кг/м^3	
при $t=0$ °C	999,841
при $t=3{,}98$ °C (наибольшая плотность)	999,973
при $t=20$ °C	998,203
Плотность льда (при $t=0$ °C), кг/м^3	916,8
Плотность насыщенного пара при $t=100$ °C, кг/м^3	0,598
Коэффициент сжимаемости при $t=0$ °C, в интервале давлений от 101,3 до 10132 кПа	$51{,}1\cdot10^{-6}$
Скорость звука в воде, м/с	
при $t=0$ °C	1402,7
при $t=20$ °C	1482,7
Скорость звука наибольшая (она наблюдается при $t=74$ °C), м/с	1555,5

	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Удельная теплоемкость воды		
при $t=0$°C	4,218	1,006
при $t=20$°C	4,182	0,999

Удельная теплота плавления льда (при нормальных условиях), кДж/кг (ккал/кг)	317,6 (79,4)
Удельная теплота сублимации льда при $t=0$ °C, кДж/кг (ккал/кг)	2834 (677)

	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Удельная теплоемкость льда при $t=0$ °C	2,04	0,49
Удельная теплоемкость водяного пара при $t=100$ °C	2,14	0,51

	кДж/кг	ккал/кг
Удельная теплота парообразования воды при давлении $p=101\ 325$ Па		
при $t=0$°C	2500,8	597,3
при $t=20$°C	2453,0	586,0
при $t=100$°C	2256,2	539,0

	Вт/(м·К)	ккал/(м·ч·°С)
Теплопроводность воды		
при $t=0$ °C	0,56	0,47
при $t=20$ °C	0,60	0,52
при $t=100$ °C	0,68	0,59
Теплопроводность льда при $t=0$ °C	2,26	1,94
Теплопроводность водяного пара при $t=100$ °C и $p=101\ 325$ Па	0,024	0,020

Температурный коэффициент объемного расширения воды, К$^{-1}$ или °С$^{-1}$	
при $t=0$ °C	$-63\cdot10^{-6}$
при $t=20$ °C	$210\cdot10^{-6}$
Температурный коэффициент линейного расширения льда (в интервале температур от -10 до 0 °С), К$^{-1}$ или °С$^{-1}$	$5\cdot10^{-5}$
Критические константы воды:	
температура, °С	374,15
давление, МПа (ат)	22,1 (225,7)
плотность, кг/м^3	322

Поверхностное натяжение на границе с воздухом, мН/м	
при $t=0$ °С	74,6
при $t=20$ °С	72,7
при $t=100$ °С	58,9
Динамическая вязкость воды, мПа·с	
при $t=0$ °С	1,79
при $t=20$ °С	1,00
при $t=100$ °С	0,28
Динамическая вязкость насыщенного водяного пара при $t=100$ °С, мПа·с	0,012
Удельная электропроводность абсолютно чистой воды, См/м	
при $t=0$ °С	$1{,}5\cdot10^{-6}$
при $t=18$ °С	$4{,}4\cdot10^{-6}$
Удельная электропроводность дистиллированной воды при $t=18$ °С, См/м	$2\cdot10^{-3}$
Удельная электропроводность льда при $t=0$ °С, См/м	$0{,}4\cdot10^{-6}$
Диэлектрическая проницаемость воды	
при $t=0$ °С	88,3
при $t=20$ °С	81,0
при $t=100$ °С	55,1
Диэлектрическая проницаемость льда при $t=0$ °С	74,6
Диэлектрическая проницаемость водяного пара при $t=145$ °С	1,007
Показатель преломления воды при $t=20$ °С (для линии натрия) по отношению к воздуху	1,33299
То же по отношению к вакууму	1,33335
Показатель преломления льда при $t=-4$ °С	1,3083
Показатель преломления водяного пара	1,0255

17. Физические свойства тяжелой воды*

Плотность (при $t=20$ °С), кг/м³	1105,3
Наибольшая плотность (при $t=11{,}23$ °С), кг/м³	1106,02
Температура плавления (при $p=101{,}325$ кПа), °С	3,815
Температура кипения (при нормальном давлении), °С	101,43
Удельная теплоемкость (при $t=20$°С):	
кДж/(кг·К)	4,23
ккал/(кг·°С)	1,01
Удельная теплота плавления:	
кДж/кг	316,6
ккал/кг	75,7
Удельная теплота парообразования при температуре кипения:	
кДж/кг	2070,9
ккал/кг	494,9
Теплопроводность (при $t=20$°С):	
Вт/(м·К)	0,58
ккал/(ч·м·°С)	0,50
Поверхностное натяжение (при $t=20$°С), мН/м	72,6
Критические параметры:	
температура, °С	370,7
давление, МПа (атм)	21,7 (218,6)
плотность, кг/м³	356
Диэлектрическая проницаемость (при $t=20$°С)	79
Показатель преломления для линии натрия ($\lambda=589{,}3$ нм)	1,32795

* Тяжелая вода D_2O — изотопная разновидность воды, в которой обыкновенный водород заменен его тяжелым изотопом (дейтерием),— была открыта в 1932 г. американскими учеными Г. Юри и Э. Осборном. Она содержится в обычной природной воде, составляя в озерах и реках примерно 1/68000, а в морях 1/5600 ее массовых долей.

18. Физические параметры, характеризующие организм человека

В таблице приведены параметры некоторых механических, тепловых и других физических свойств организма взрослого человека. Приводимые данные являются усредненными и ориентировочными.

Давление и скорость крови в сосудистой системе

Сосуды	Внутренний диаметр сосуда, мм	Скорость движения крови, см/с	Давление	
			кПа	мм рт. ст.
Аорта	20	50	19,9—6,6	150—50
Артерии	5—10	20—50	16,0—9,3	120—70
Капилляры	0,01—0,5	0,1—0,05	1,3—2,6	10—20
Вены	10—30	10—20	от −0,7 до +1,3	от −5 до +10

Сила, развиваемая сердцем при сокращении, Н	70—90*
Работа сердца при одном сокращении, Дж (кгс·м) . . .	1 (0,102)
» » в течение суток, Кдж (кгс·м)	86,4 (8810)
Средняя мощность, развиваемая сердцем, Вт (л. с.)	2,2 (0,003)
Объем крови, выбрасываемой сердцем за одно сокращение, см^3	60—80
Объем крови, выбрасываемой сердцем за 1 мин (при 70 сердцебиениях в минуту), л	4,2—5,6
То же за 1 ч, л	252—336
То же в сутки, л	6050—8100
То же в год, млн. л	2,2—3,0
Объем крови, выбрасываемой сердцем за 1 мин при лыжных гонках, л	25—35
То же за 1 мин при работе средней интенсивности, л	18
Мощность, развиваемая человеком при отдельных движениях (прыжок с места, рывок при поднятии тяжести), кВт (л. с.)	до 1,5—3,3 (2,5—4,5)
Мощность, развиваемая человеком при интенсивной работе длительностью до 5 мин (гребля, велосипедные гонки), кВт (л. с.)	до 0,4—1,5 (0,5—2,0)
Плотность крови (при $t=20$ °С), кг/м^3	1050
Средняя плотность тела человека, кг/м^3	1036
Поверхностное натяжение крови, мН/м	60
Динамическая вязкость крови (при $t=20$°С), Па·с	0,004—0,05
Для сравнения — динамическая вязкость воды (при $t=20$ °С), Па·с	0,001
Скорость распространения раздражения по двигательным и чувствительным нервам, м/с	40—100

* Первое число характеризует конец систолы (т. е. конечную фазу сокращения сердца), второе — начало систолы (т. е. начальную фазу сокращения сердца).

Ориентировочные значения модуля упругости E при растяжении и предела прочности $\sigma_{пч}$ тканей.

Ткань	E, МПа (кгс/мм²)	$\sigma_{пч}$, МПа (кгс/мм²)	
		на растяжение	на сжатие
Сухожилья и связки	1000—1500 (100—150)	50—70 (5—7)	—
Мышцы	8,0—10,0 (0,8—1,0)	0,5—1,0 (0,05—0,10)	—
Кость	23 000 (2300)	100—120 (10—12)	120—160 (12—16)
Дерево (для сравнения)	10 000 (1000)	80—100 (8—10)	40—50 (4—5)

Время, по истечении которого органы ощущения человека отвечают на различные раздражающие сигналы, с:	
осязательные (восприятие прикосновения)	0,09—0,22
звуковые	0,12—0,18
болевые	0,13—0,89
световые	0,15—0,22
вкусовые	
на соленое	0,31
на сладкое	0,45
на горькое	0,12
температурные	0,3—1,6
Звуковая мощность голоса, Вт:	
обычная речь	$\approx 7 \cdot 10^{-6}$
предельная громкость	$\approx 2 \cdot 10^{-3}$
Частоты, к которым ухо имеет наибольшую чувствительность, кГц . .	1,5—4,0
Наибольшая частота звуковых колебаний, воспринимаемых ухом человека в возрасте до 20 лет, кГц	20
То же в возрасте 35 лет, кГц	15
То же в возрасте 50 лет, кГц	12
Скорость звука в тканях тела, м/с	1530—1600
Температура кожи отдельных участков тела*, °С:	
ладони рук	32,9
лоб	33,4
верхняя часть груди	32,8
живот	31,1
шея	34,0
подмышечная впадина	36,7
подошва	30,2

	Дж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Удельная теплоемкость крови	3900	0,93
» » тела в целом	3350	0,80
Температура плавления крови, °С	—0,57	

* В течение суток температура тела колеблется в пределах 0,5—0,7 °С. Максимальная температура наблюдается в 16—18 ч, минимальная — в 3—4 ч.

	Вт/(м·К)	кал/(см·с·°С)
Теплопроводность мышечной ткани	0,50	0,0012
» кожи (верхний слой)	0,25	0,0006
» воды (для сравнения)	0,59	0,0014
» древесины сухой (для сравнения)	0,25	0,0006

Энергетический баланс организма (для лиц, не имеющих большой физической нагрузки):

	кДж	ккал
Количество теплоты, получаемое организмом в сутки	10 050—10 900	2400—2600 (100%)
Тепловые потери в окружающую среду теплопроводностью и конвекцией	2260	540 (22%)
излучением	3390	810 (32%)
испарением	1880	450 (18%)
Работа, выполняемая человеком	2510—3350	600—800 (28%)

Количество воды, испаряемой с поверхности кожи и легких в сутки, кг . . 0,8—2,0
Наиболее благоприятная для жизни человека относительная влажность воздуха, % . . . . 30—60

Удельное электрическое сопротивление* тканей организма (ориентировочные значения), Ом·м

мышцы	1,5	кожа сухая	10^5
кровь	1,8	кость без надкостницы	$2 \cdot 10^6$

Электрическое сопротивление тела от конца одной руки до конца другой (при сухой неповрежденной коже рук), Ом . . . . ≈1500
Сила тока через тело человека, считающаяся безопасной, мА . . . . . до 1
Сила тока, приводящая к серьезным поражениям организма, мА 100
Безопасное электрическое напряжение, В:
сырое помещение 12
сухое помещение 36
Диэлектрическая проницаемость крови 85,5
» » сухой кожи . . . . 40—50
Частота электрических колебаний, используемых в лечебных целях, МГц
для диатермии 1,76
для ультравысокочастотной терапии 40,68

Глубина проникновения радиоволн в ткани организма до ослабления в e=2,7 раза

Ткань	Длина волны, м					
	3	1,5	0,3	0,01	0,03	0,009
	Глубина проникновения волны в ткань, см					
Кожа	3,8	2,8	1,6	0,65	0,19	...
Жир	20,5	12,5	6,4	2,45	1,1	...
Мышцы	3,5	2,3	1,5	...	0,13	...
Кровь	2,9	2,2	1,4	0,78	0,15	0,027

* Электрическое сопротивление отдельных участков тканей зависит преимущественно от сопротивления слоя кожи. Через кожу ток проходит главным образом по каналам потовых и отчасти сальных желез; сила тока зависит от толщины и состояния поверхностного слоя кожи.

Промежуток времени между миганиями глаз (мужчины), с	2,8
» » » » » (женщины), с	3,8
Продолжительность процесса мигания, с	0,40
смыкание век	0,04—0,05
веки закрыты	0,15
открывание век	0,20
Минимальный размер изображения на сетчатке, необходимый для отчетливого видения предмета, мм	0,002*
Минимальный угол зрения, необходимый для раздельного видения двух точек предмета (для нормального глаза)	1′
Давление прозрачной жидкости, заполняющей глаз (внутриглазное давление), кПа (мм. рт. ст.)	≈10,4 (780—785)

	фДж	кэВ
Энергия фотонов рентгеновского излучения, используемого в медицине		
при диагностике	9,6—19,2	60—120
при глубокой терапии тканей	24—32	150—200

	Гр	бэр
Доза излучения, получаемая человеком при рентгеноскопии грудной клетки	≈0,00015	≈0,015
Доза излучения, получаемая при рентгенографии грудной клетки	≈0,000016	≈0,0016
Одноразовая доза гамма- или коротковолнового рентгеновского облучения всего организма человека, вызывающая в 50% смертельный исход	4—5	400—500
Одноразовая доза гамма- или коротковолнового рентгеновского облучения всего организма, вызывающая почти в 100% случаев смертельный исход	5,5—7,5	550—750
Радиоактивные изотопы, входящие в состав тела человека**	^{40}K, ^{14}C	

Примечание. См. также табл. 9,319.

МЕХАНИКА

19. Плотность газов и паров

В таблице приведены значения плотностей ρ газов и паров при нормальных условиях ($t = 0$ °C и $p = 101\ 325$ Па) и значения относительных плотностей ρ_r — отношений плотности газа (пара) к плотности сухого воздуха при тех же условиях.

Газ, пар	ρ, кг/м³	ρ_r	Газ, пар	ρ, кг/м³	ρ_r
Азот	1,2505	0,98	Водяной пар насыщенный (при $t = 100$ °C)	0,589	0,46
Аммиак	0,77146	0,60	Воздух сухой	1,2928	1,000
Аргон	1,7839	1,38	Гелий	0,17846	0,138
Ацетилен	1,1716	0,91	Кислород	1,42895	1,11
Бромид водорода	3,6445	2,82			
Водород	0,08988	0,069			

* Этот размер соответствует углу зрения примерно в 1′ (для расстояния наилучшего зрения).

** Радиоактивный изотоп калия-40 присутствует в природе массовой долей 0,012% во всех соединениях этого элемента. Период его полураспада $2{,}28 \cdot 10^9$ лет. Изотоп углерода-14 содержится в природных соединениях углерода в ничтожных количествах (массовая доля 10^{-10}%). Период его полураспада 5600 лет.

Газ, пар	ρ, кг/м³	ρ_r	Газ, пар	ρ, кг/м³	ρ_r
Криптон	3,733	2,87	Пропан	2,02	1,56
Ксенон	5,89	4,53	Сероводород	1,5362	1,19
Метан	0,7168	0,55	Фтор	1,696	1,31
Неон	0,8999	0,70	Спирт метиловый . .	1,426	1,10
Озон	2,144	1,66	» этиловый . .	2,043	1,58
Оксид азота (IV) . .	1,3402	1,034	Хлор	3,214	2,49
» азота (I) . .	1,97781	1,53	Хлороводород . . .	1,639	1,27
» серы (IV) . .	2,9269	2,26	Хлороформ	5,639	1,27
» углерода (IV)	1,9769	1,53	Этан	1,357	1,05
» углерода (II)	1,2504	0,97	Этилен	1,2604	0,94

20. Плотность ρ газов при различной температуре t и нормальном атмосферном давлении

t, °C	N_2 и CO	Ar	H_2	He	CO_2	O_2	Ne
	ρ, кг/м³						
0	1,250	1,784	0,0899	0,1785	1,968	1,429	0,900
100	0,916	1,305	0,0657	0,1305	1,447	1,050	0,659
200	0,723	1,030	0,0519	0,1030	1,143	0,826	0,519
300	0,597	0,850	0,0428	0,0850	0,944	0,682	0,429
400	0,508	0,724	0,0364	0,0724	0,802	0,580	0,365
500	0,442	0,627	0,0317	0,0627	0,698	0,504	0,318
600	0,392	0,558	0,0281	0,0558	0,618	0,447	0,281
700	0,352	...	0,0252	...	0,555	0,402	...
800	0,318	...	0,0228	...	0,502	0,363	...
900	0,291	...	0,0209	...	0,460	0,333	...
1000	0,268	...	0,0192	...	0,423	0,306	...

21. Плотность ρ сухого воздуха при различной температуре t и нормальном атмосферном давлении

t, °C	ρ, кг/м³	t, °C	ρ, кг/м³	t, °C	ρ, кг/м³
—50	1,5840	14	1,2298	120	0,9376
—30	1,4530	16	1,2213	150	0,8339
—20	1,3857	18	1,2129	200	0,7457
—10	1,3420	20	1,2046	300	0,6166
—6	1,3222	24	1,1883	400	0,5248
—2	1,3026	30	1,1647	500	0,456
0	1,2928	40	1,1274	600	0,404
2	1,2836	50	1,0924	700	0,362
4	1,2743	60	1,0596	800	0,329
6	1,2652	70	1,0286	900	0,301
8	1,2561	80	0,9995	1000	0,277
10	1,2472	90	0,9719	1200	0,239
12	1,2385	100	0,9458		

22. Плотность ρ сухого воздуха при различных давлении p и температуре T

T, К	ρ, кг/м³ при давлении		
	0,1 МПа (1 атм)	1,0 МПа (10 атм)	10 МПа (100 атм)
200	1,769	18,07	231,2
250	1,413	14,25	150,6
273,15	1,293	12,99	...
300	1,177	11,80	118,4
400	0,882	8,80	85,7
500	0,706	7,03	67,96
600	0,588	5,86	56,55
700	0,504	5,02	48,51

23. Плотность ρ атмосферы на различной высоте h над Землей

h, м	ρ, кг/м³	h, м	ρ, кг/м³	h, м	ρ, кг/м³
0	1,225	3 000	$9{,}093\cdot10^{-1}$	18 000	$1{,}216\cdot10^{-1}$
50	1,219	4 000	$8{,}193\cdot10^{-1}$	19 000	$1{,}040\cdot10^{-1}$
100	1,213	5 000	$7{,}364\cdot10^{-1}$	20 000	$8{,}891\cdot10^{-2}$
150	1,207	6 000	$6{,}601\cdot10^{-1}$	25 000	$4{,}008\cdot10^{-2}$
200	1,202	7 000	$5{,}900\cdot10^{-1}$	30 000	$1{,}841\cdot10^{-2}$
300	1,190	8 000	$5{,}258\cdot10^{-1}$	40 000	$3{,}996\cdot10^{-3}$
400	1,179	9 000	$4{,}671\cdot10^{-1}$	50 000	$1{,}027\cdot10^{-3}$
500	1,167	10 000	$4{,}135\cdot10^{-1}$	60 000	$3{,}097\cdot10^{-4}$
600	1,156	11 000	$3{,}648\cdot10^{-1}$	70 000	$8{,}283\cdot10^{-5}$
700	1,145	12 000	$3{,}119\cdot10^{-1}$	80 000	$1{,}846\cdot10^{-5}$
800	1,334	13 000	$2{,}666\cdot10^{-1}$	90 000	$3{,}418\cdot10^{-6}$
900	1,123	14 000	$2{,}279\cdot10^{-1}$	100 000	$5{,}550\cdot10^{-7}$
1000	1,112	15 000	$1{,}948\cdot10^{-1}$	120 000	$2{,}440\cdot10^{-8}$
1500	1,058	16 000	$1{,}665\cdot10^{-1}$		
2000	1,007	17 000	$1{,}423\cdot10^{-1}$		

Примечания. 1. В таблице приведены данные о плотности, соответствующие стандартной атмосфере*.

2. На высотах, превышающих 150 км, наблюдаются большие вариации плотности. Средняя плотность верхней атмосферы на высотах 200, 300, 400, 600, 800 км принимается равной соответственно $3\cdot10^{-10}$, $2\cdot10^{-11}$, $3\cdot10^{-12}$, 10^{-13}, 10^{-14} кг/м³

* В тропосфере и стратосфере плотность, давление, температура воздуха колеблются в довольно широких пределах в зависимости от географической широты местности, времени года и суток, метеорологических условий. Для больших высот (особенно выше 100 км) физические характеристики воздуха подвержены вариациям, связанным и с изменением солнечной активности (например, с наступлением минимума солнечной активности на больших высотах происходит значительное понижение температуры и плотности воздуха). Для единого представления о характеристиках атмосферы и практических расчетов принята стандартная атмосфера — условное распределение плотности, давления, температуры в сухом, чистом воздухе в зависимости от высоты над уровнем моря. Стандартная атмосфера основана на долголетних статистических данных и содержит средние значения физических параметров воздуха. Она служит для приведения результатов летательных аппаратов, двигателей и приборов к одинаковым атмосферным условиям (применяется, в частности, для градуировки высотомеров, расчетов подъемной силы и лобового сопротивления и т. д.).

Стандартная атмосфера устанавливает средние значения параметров атмосферы для широты 45,5°, соответствующие среднему уровню солнечной активности. Начальные параметры воздуха согласно стандартной атмосфере на уровне моря ($h=0$) принимаются такими: температура $T=288{,}150$ К ($t=15{,}000$ °С), давление $p=101\,325$ Па (760,000 мм рт. ст.), плотность $\rho=1{,}22500$ кг/м³.

24. Плотность жидкостей

Значения плотностей ρ даны при температуре 20 °C, если не указана иная температура.

Жидкость	ρ, кг/м³
Азотная кислота (100%)	1513
Анилин	1022
Антифризы автомобильные	1067—1090
Ацетон	790
Белок куриного яйца*	1045
Бензин авиационный:	
БА	710
Б-91	735
Б-70	740
Бензин автомобильный:	
А-66; А-72	710—720
А-76	715—720
АИ-93	709—721
Бензол	880
Бром	3120
Вода (при $t=0$ °C)	999,841
» (при $t=4$ °C) . . .	999,973
» (при $t=20$ °C) . . .	998,203
Вода морская	1010—1050
Вода тяжелая (при $t=0$ °C)	1104,6
Вода тяжелая (при температуре наибольшей ее плотности $t=11{,}23$ °C)	1106,02
Гидроксид аммония	690
Глицерин	1260
Диметилгидразин	795
Дизельное автотракторное топливо:	
марка З	790—825
марка Л	810—830
Желток куриного яйца*	1028
Керосин	790—820
Мазут топочный	890—995
» флотский Ф-12 . .	930
Масла смазочные:	
АСп-6	900—930
АСп-10	905—915
АС-6	880—890
АС-8	890—895
АС-10	894—900
ДС-8	890—895
ДС-11	895—905
Дп-11	903—940
для коробки передач и рулевого механизма (ГОСТ 4002—53)	930—940
индустриальное 50 (СУ)	892—898
нигрол зимний	914—945
» летний	930—950
Масло подсолнечное рафинированное (при $t=0$ °C)	940
То же (при $t=20$ °C) . . .	926
То же (при $t=100$ °C) . .	871
Масло соевое	919
» трансформаторное	840—890
» хлопковое	921
Мед	1435
Молоко обезжиренное (при $t=15$ °C)	1036
Молоко сгущенное с сахаром	1280
Молоко цельное	1028,7
» » (при $t=80$ °C)	1000,3
Нефть	730—940
Олифа	930—950
Пероксид водорода	1465
Ртуть	13545,7
Рыбий жир	945
Серная кислота (100%)	1840
Сероуглерод	1263
Скипидар	850—880
Смолы естественные . . .	1000—1100
Соки натуральные	1030—1330
Соляная кислота (36%-ная)	1179
Спирт метиловый	792
» этиловый	789,4
Сливки жирностью 35%	993,9
» » 50%	978,0
Толуол	867
Топливо для авиационных реактивных двигателей пассажирских самолетов	
Т-1	800
ТС-1	775
Тормозная жидкость ГТЖ-22	1110
Уксус	1020
Фреон	1329
Хлористый этил (при $t=0$ °C)	919
Хлороформ	1489
Эфир этиловый	714

* Средняя плотность куриного яйца в целом 1095 кг/м³.

25. Плотность ρ воды при различной температуре *t* и нормальном атмосферном давлении

t, °C	ρ, кг/м³	*t*, °C	ρ, кг/м³	*t*, °C	ρ, кг/м³
0	999,841	20	998,203	40	992,21
1	999,900	21	997,992	41	991,83
2	999,941	22	997,770	42	991,44
3	999,965	23	997,538	43	991,04
4	999,973	24	997,296	44	990,63
5	999,965	25	997,044	45	990,22
6	999,941	26	996,783	46	989,79
7	999,902	27	996,512	47	989,37
8	999,849	28	996,232	48	988,93
9	999,781	29	995,944	49	988,49
10	999,700	30	995,646	50	988,04
11	999,605	31	995,340	55	985,70
12	999,498	32	995,025	60	983,21
13	999,377	33	994,702	65	980,56
14	999,244	34	994,371	70	977,78
15	999,099	35	994,031	75	974,86
16	998,943	36	993,68	80	971,80
17	998,774	37	993,33	85	968,62
18	998,595	38	992,96	90	965,31
19	998,405	39	992,59	100	958,35

Примечания. 1. Для расчетов в науке, технике, промышленности плотность воды при температурах 3,8; 3,9; 4,0; 4,1 и 4,2 °C принимается равной 1000,00 кг/м³.

2. Вода при нормальном атмосферном давлении (101 325 Па) имеет наибольшую плотность 999,973 кг/м³ при температуре 3,98 °C.

26. Плотность ρ кипящей воды при различном давлении

Температура кипения, °C	Давление		ρ, кг/м³	Температура кипения, °C	Давление		ρ, кг/м³
	МПа	ат			МПа	ат	
100	0,101	1,03	958,3	220	2,320	23,66	840,3
110	0,143	1,46	951,0	240	3,348	34,14	813,6
120	0,198	2,02	943,1	260	4,694	47,87	784,0
130	0,270	2,75	934,8	280	6,419	65,46	750,7
140	0,361	3,68	926,1	300	8,592	87,61	712,5
150	0,485	4,85	916,9	320	11,290	115,12	667,1
160	0,618	6,30	907,4	340	14,608	148,96	610,1
170	0,792	8,08	897,3	360	18,674	190,42	528,0
180	1,003	10,22	886,9	370	21,053	214,68	450,5
190	1,255	12,80	876,0	374,15	22,129	225,65	307,0
200	1,555	15,86	864,7				

27. Плотность ρ металлов в жидком состоянии

Металл	Температура, °C	ρ, кг/м³	Металл	Температура, °C	ρ, кг/м³
Алюминий	660,4	2 380	Натрий	97,8	930
»	900	2 315	»	700	783
Висмут	300	1 003	Олово	232	6 970
»	700	9 530	»	700	6 640
Золото	1100	17 240	Свинец	327,6	10 880
»	1300	17 000	»	1000	9 810
Калий	63,6	830	Серебро	962	9 300
»	100	819	»	1300	9 000
»	700	676	Цезий	28,5	1 840
Литий	200	507	Цинк	419,6	6 920
»	1000	441	»	800	6 570
Магний	651	1 572			
»	750	1 470			

28. Плотность ρ газов в жидком состоянии

Жидкий газ	Температура, °C	ρ, кг/м³	Жидкий газ	Температура, °C	ρ, кг/м³
Азот	—208,36	862,2	Кислород . . .	—185,0	1152,7
»	—195,80*	804,0	» . . .	—182,96*	1142,0
»	—182,51	743,3	Криптон . . .	—147,18	2370,7
»	—153,65	533,2	» . . .	—102,22	1957,4
»	—148,08	431,3	» . . .	— 67,15	1317,1
Аргон	—185,97*	1390,0	Ксенон	— 66,74	2763
»	—183,15	1374,0	Метан	—161,49*	424,0
»	—140,20	1034,6	»	—100,00	302,4
»	—131,54	915,0	»	— 84,00	215,6
Водород	—258,27	76,3	Неон	—247,92	1238,2
»	—253,76	71,9	»	—245,90*	1206,0
»	—252,77*	70,8	»	—240,00	1088,3
»	—244,30	57,4	»	—230,07	748,7
»	—240,57	43,2	Оксид углерода (II) . . .	—204,97	847,1
Воздух	—194,0	861	То же	—190,86	790,9
Гелий	—270,79	146,9	» »	—172,18	699,5
»	—269,79	139,5	» »	—142,26	433,6
»	—268,92*	125,0	Хлор	—100	1717
»	—268,38	113,9	»	—70	1646
Кислород . . .	—210,4	1274,6	»	—50	1598
» . . .	—200,4	1224,8			

* Такую температуру кипения жидкий газ имеет при давлении 101 325 Па.

29. Плотность ρ автомобильных и тракторных топлив и смазочных масел (при $t=20$ °С)

Топлива и смазочные масла	ρ, кг/м³	Топлива и смазочные масла	ρ, кг/м³
Бензин А-66; А-72	710—720	Масло индустриальное	
» А-76	715—725	50 (СУ)	892—898
» АИ-98	709—721	Масло дизельное ДС-8	890—895
Дизельное топливо:		» » ДС-11	895—905
ДЗ; З	793—825	» » Дп-11	903—910
ДЛ; Л	810—830	» трансмиссионное	
Масло АСп-6	900—930	(нигрол):	
» АСп-10	905—915	зимнее	914—945
» АС-6	880—890	летнее	930—950
» АС-8	890—895	Масло для коробок пе-	
» АС-10	894—900	редач	930—940
		Масло МС-20	888—894

30. Плотность растворов веществ

В таблице приведены значения плотности ρ водных растворов (при $t=20$ °С) некоторых щелочей, кислот, солей и других веществ при различной концентрации.

Водный раствор	Число граммов вещества в 100 г раствора	ρ, кг/м³	Водный раствор	Число граммов вещества в 100 г раствора	ρ, кг/м³
Аммиака	10	958	Серной кислоты	29	1210
»	20	923	» » . . .	30	1219
»	30	892	» » . . .	31	1227
Ацетона	10	985	» » . . .	32	1235
»	50	920	» » . . .	40	1303
Гидроксида натрия . .	1	1010	» » . . .	50	1395
» » . .	10	1109	» » . . .	80	1727
» » . .	20	1219	» » . . .	100	1830
» » . .	30	1328	Соляной кислоты . . .	1	1003
» » . .	40	1430	» » . . .	10	1047
» » . .	50	1525	» » . . .	20	1098
Гидроксида калия . .	0,2	1000	Соляной кислоты . . .	30	1149
» » . .	11	1100	» » . . .	40	1198
» » . .	20	1190	Гипосульфита	10	1083
» » . .	30	1290	»	40	1383
» » . .	40	1400	Хлорида натрия . . .	1	1005
» » . .	50	1510	» » . . .	5	1034
» » . .	51,6	1530	» » . . .	10	1071
Серной кислоты . . .	1	1005	» » . . .	15	1109
» » . . .	5	1032	» » . . .	20	1148
» » . . .	10	1066	» » . . .	25	1189
» » . . .	20	1139	» » . . .	26,4	1200
» » . . .	28	1202	Сахара	1	1002

Продолжение

Водный раствор	Число граммов вещества в 100 г раствора	ρ, кг/м³	Водный раствор	Число граммов вещества в 100 г раствора	ρ, кг/м³
Сахара	5	1018	Этилового спирта . .	20,6	968
»	10	1038	» » . .	30	953
»	20	1081	» » . .	40,1	935
»	30	1127	» » . .	51,8	910
»	40	1176	» » . .	71,1	865
»	50	1230	» » . .	91,1	815
»	60	1287	» » . .	99,5	791
»	80	1412	Глицерина (смесь) . .	10	1022
»	89	1473	»	50	1126
Этилового спирта . .	1,2	996	»	90	1235
» » . .	10	982			

31. Плотность насыщенных водных растворов солей

В таблице приведены значения плотности ρ насыщенных водных растворов некоторых солей (при $t = 20$ °C).

Насыщенный водный раствор соли	Число граммов соли в 100 г раствора	ρ, кг/м³
Нитрат аммония (селитра аммиачная) NH_4NO_3	63,9	1310
Нитрат натрия (селитра натриевая) $NaNO_3$	46,8	1390
Бикарбонат натрия (питьевая сода) $NaHCO_3$	8,8	1070
Бихромат калия (хромпик) $K_2Cr_2O_7$	11,1	1080
Сульфат меди гидрат (медный купорос) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	20,7	1230
Сульфат аммония $(NH_4)_2SO_4$	43,0	1250
Сульфат калия K_2SO_4	10,0	1080
Сульфат магния $MgSO_4$	26,2	1300
Сульфат натрия Na_2SO_4	16,1	1150
Сульфат цинка $ZnSO_4$	33,7	1450
Карбонат калия (поташ) K_2CO_3	52,8	1570
Карбонат натрия (сода стиральная) Na_2CO_3	17,8	1190
Хлорид аммония (нашатырь) NH_4Cl	27,3	1080
Хлорид бария $BaCl_2$	26,3	1280
Хлорид калия KCl	25,6	1800
Хлорид натрия $NaCl$	26,4	1200

32. Плотность твердых веществ

Значения плотности ρ даны при температуре 20 °С (если не указана иная температура.

Вещество	ρ, кг/м³	Вещество	ρ, кг/м³
Алмаз	3515	Полистирол	1050—1070
Асфальт	1100—2800	Полиэтилен	920—960
Бетон	1800—2800	Пробка	220—260
Бумага писчая	700—1100	Ртуть твердая (при $t=-38{,}9$ °С)	14190
Винипласт	1350—1400	Сахар-рафинад	1600
Воск	870—990	Сера	1930—2070
Гранит	2500—3000	Рубин	3920
Графит	2265	Соль поваренная	2150—2170
Графит реакторный	1650—1720	Сталь	7600—7900
Земля	1300—2000	Стеарин	970—1000
Камфара	990	Стекло бутылочное	2600
Капрон	1140	» зеркальное	2450—2720
Канифоль	1070—1100	» оконное	2400—2700
Кварц	2500—2800	» хрусталь	2900—3000
Корунд	3950—4100	Сургуч	1800
Кость	1700—2000	Сухой лед	1570
» слоновая	2000	Текстолит	1300—1400
Лава вулканическая	2000—3000	Уголь древесный	300—600
Лавсан	1300—1400	Уголь каменный	1200—1500
Лед (при $t=0$ °С)	880—920	Фибра	1100
Кирпич обычный	1400—1600	Фарфор	2200—2500
» огнеупорный	1700—2000	Фаянс хозяйственный и санитарно-технический	1860—2200
Линолеум	1250—1300	Фосфор белый	1820
Мел	1800—2600	» красный	2200
Медный купорос кристаллический	2200—2300	Фторопласт-4	2100—2300
Менделеевская замазка	950	Целлулоид	1400
Мрамор	2600—2800	Чугун серый	6600—7200
Нафталин	1150	Шифер	2800
Нашатырь	1500—1600	Эбонит	1100—1200
Парафин	870—920	Янтарь	1050—1090
Плексиглас	1180		

33. Плотность ρ металлов (при $t=20$ °С)

Металл	ρ, кг/м³	Металл	ρ, кг/м³	Металл	ρ, кг/м³
Алюминий	2 698,9	Кобальт	8 900	Плутоний	19 860
Бериллий	1 847,7	Литий	534	Ртуть	13 546,2
Бор	2 340	Магний	1 738	Свинец	11 350
Ванадий	6 110	Марганец	7 440	Серебро	10 500
Висмут	9 800	Медь	8 960	Тантал	16 600
Вольфрам	19 350	Молибден	10 200	Титан	4 500
Германий	5 323	Натрий	968,4	Торий	11 720
Железо	7 874	Никель	8 900	Уран	18 950
Золото	19 320	Ниобий	8 570	Хром	7 190
Индий	7 310	Олово	7 298	Цезий	1 870
Иридий	22 400	Осмий	22 570	Цинк	7 140
Калий	862	Платина	21 450	Цирконий	6 510

34. Плотность древесины

В таблицах приводятся средние значения плотностей древесины (в кг/м³) влажностью 15%* (ρ_{15}), абсолютно сухой (ρ_0) и свежесрубленной (ρ_c).

Древесная порода	ρ_0	ρ_{15}	Древесная порода	ρ_0	ρ_{15}
Акация белая	630	810	Клен	550	700
Бальза**	...	110—120	Красное дерево****	...	540
Бакаут (железное дерево)***	...	1300	Липа	400	500
Бамбук	...	400	Лиственница	520	670
Береза	500	640	Ольха	420	530
Бук	530	680	Орех грецкий	470	600
Вяз	520	660	Осина	400	500
Граб	630	810	Пихта сибирская	300	380
Груша	570	720	Пробковое дерево	...	127
Дуб	550	700	Сосна обыкновенная	400	510
Ель	360	450	Тополь	360	460
Кедр	350	440	Черное дерево*****	...	1160
			Ясень	550	690

Древесная порода	ρ_c	Древесная порода	ρ_c
Береза	880	Липа	790
Дуб	1020	Сосна	860
Ель	800	Тополь	750
Клен	960	Ясень	920

* Влажность древесины дает количественную характеристику содержащейся в ней влаги и равна отношению массы влаги в данном объеме древесины к массе абсолютно сухой древесины. Свежесрубленная древесина имеет влажность 50—100%; воздушно-сухая, долгое время пролежавшая на воздухе, 15—20%; абсолютно сухая — 0%.

** Из всех пород дерева бальза обладает наименьшей плотностью. Ее применяют для изготовления спасательных кругов, поплавков, лодок, плотов.

*** Древесина бакаута весьма плотная, твердая, применяется для изготовления некоторых деталей машин (например, ползунков в лесопильных рамах), кегельных шаров и других изделий, где требуется твердость и высокая износоустойчивость.

**** Красное дерево используется для изготовления мебели, внутренней отделки пассажирских вагонов и пароходных кают, воздушных винтов для самолетов, деталей счетных машин и др.

***** Черное дерево применяется для изготовления деревянных духовых инструментов, клавишей для пианино и роялей, для инкрустаций и т. д.

35. Насыпная плотность некоторых твердых тел

В таблице приведены значения насыпной плотности, т. е. плотности твердых тел в насыпном состоянии.

Твердое тело	Насыпная плотность, кг/м³	Твердое тело	Насыпная плотность, кг/м³
Гравий	1500—1700	кукуруза (зерно)	700
Древесные опилки	150—200	мука	400—500
Древесный уголь	150—270	пшеница	760
Земля (глина) влажная	1900—2000	рожь	720
Земля (глина) сухая . . .	1400—1600	свекла, морковь, брюква	650
Зола	400—800	Свежескошенное сено . .	50
Каменный уголь	800—850	Слежавшееся сено	100
Минеральная вата	75—125	Снег свежевыпавший . .	100—200
Мипора	20	Снег сырой, плотный . . .	200—800
Мох	130	Солома	40—100
Песок сухой	1200—1650	Торф сухой	325—410
Поваренная соль	700—800	Торфяная крошка	100—250
Рожь в снопах	75—100	Удобрения:	
Сахарный песок	1600	навоз перепревший	950—1000
Сельскохозяйственные продукты:		суперфосфат	1100
горох	700	Шлак котельный	700—900
картофель	670		

36. Плотность ρ газов в твердом состоянии

Твердый газ	Температура		ρ, кг/м³
	K	°C	
Азот	21	—252	1026
»	45	—228	982
Аргон	40	—233	1650
Ацетилен	168	—85	730
Водород	11	—262	80,8
»	2	—271	88,0
Гелий	2	—271	188
»	4	—269	230
Кислород	21	—252	1426
Криптон	178	—195	2830
»	14	—259	3130
Ксенон	130	—143	3640
Метан	20	—253	522
Неон	54	—219	1000
Оксид углерода (IV)	194	—79	1530
Оксид углерода (II)	65	—208	929
То же	21	—252	1029

37. Плотность ρ некоторых химикатов (при t=20 °C)

Вещество	ρ, кг/м³	Вещество	ρ, кг/м³
Бертолетова соль (хлорноватокислый калий) $KClO_3$	2340	Поваренная соль (хлорид натрия) $NaCl$	2160
Бура (натрий борнокислый) $N_2B_4O_7$	2370	Свинцовый глет (оксид свинца) PbO	9400—9600
Гипосульфит (метабисульфит натрия, гидрат) $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	1730	Свинцовые белила (основной карбонат свинца) $2PbCO_3 \cdot Pb(OH_2)$	6140
Денатурат (этиловый спирт-сырец)*	790	Сода бельевая, стиральная, пушонка (карбонат натрия) Na_2CO_3	2530
Гидроксид калия KOH	2120	Сода очищенная, питьевая (бикарбонат натрия) Na_2HCO_3	2200
Иод кристаллический	4940	Сульфат меди $CuSO_4$	3640
Карбид кальция	2220	Сухой лед промышленный (твердый оксид углерода (IV) CO_2	1400
Каустик (гидроксид натрия или едкий натр) $NaOH$ . .	2130	Хромпик калиевый (бихромат калия) $K_2Cr_2O_7$ . . .	2690
Магнезия жженая (оксид магния) MgO	3200—3700	Цинковые белила (оксид цинка) ZnO	5500—5600
Медный купорос (сульфат меди, гидрат) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	2290		
Нафталин $C_{10}H_8$	1150		
Нашатырь (хлорид аммония NH_4Cl	1526		
Оксид свинца (IV) PbO_2 . . .	9400		
Перманганат калия $KMnO_4$	2703		

* Денатурат — этиловый спирт-сырец C_2H_2OH, в котором растворены краситель, ядовитые и неприятные на вкус или запах вещества. Эти вещества не выделяются из денатурата простейшими физическими методами — перегонкой, вымораживанием и др.

38. Скорости движения в животном мире

В таблице приведены ориентировочные значения максимальной скорости.

	Скорость, км/ч		Скорость, км/ч
Акула	40	Гепард	112
Антилопа гну	80	Голубь	60—70
Бабочка-бражник	54	Грач	41
Борзая	58	Дельфин-афалина	54
Волк	55—60	Жираф	51
Воробей	35	Заяц-русак	60
Ворона	25—32	Кенгуру	48
Газель монгольская (джейран)	95	Кит-полосатик	38—40
Галка	46—60	Ласточка	54—63
		Лев	65

Продолжение

	Скорость, км/ч		Скорость, км/ч
Лосось	27	Слон африканский	40
Лось	47	Сокол	64—77
Лошадь скаковая	46	Стрекоза	36
Майский жук	11	Страус африканский	80
Медведь	40	Тунец	80
Меч-рыба	80	Черепаха	0,5
Муха	18	Шмель	18
Муха-слепень	54	Эму	50
Пчела	25	Ястреб-перепелятник	31—45
Скворец	45		

39. Скорости движения в технике

Максимальные скорости машин, км/ч

Автомобили:

ЛуАЗ-969М	90
УАЗ-469	100
ЗАЗ-968М	118
«Ока»	120
«Нива»	132
ЗАЗ-1102	135
ВАЗ-2102	137
ВАЗ-2101	142
ВАЗ-2105	145
ГАЗ-24-10	147
ВАЗ-2108, -2109	148
ГАЗ-3102, ВАЗ-2103, -2107	152
ВАЗ-2106	154
«Москвич-2141»	155
ЗИЛ-4104	190

Автобусы:

ЛАЗ-4202	75
ЛАЗ-655Н	85
УАЗ-2206-01	100
РАФ-2203	120

Дорожные мотоциклы:

ММВЗ-3.112	95
«Восход-3М»	105
«Ява-350», «Иж-Планета-5»	120
«Иж-Юпитер-5»	125

Мопеды:

«Рига-13»	42
«Верховина-7»	55

Тепловозы:

2ТЭ10М, 2Т116, ТЭМ7	100
ТЭП60, ТЭП70	160

Электровозы:

ВЛ60^{к}, ВЛ60^{р}, ВЛ8, ВЛ11	100
ВЛ80^{к}	110
ЧС7, ЧС8	180

Электропоезда:

ЭР$_1$, ЭР$_2$	130
ЭР-200	200
Метрополитена	90

Трамваи:

РВЗ-6М2, КТМ-5М, ЛМ-68	65

Тракторы:

ДТ-75М	11,2
Т-150	14,5
ДТ-175С	21,0
Т-25А	21,9
Т-150К	31,1
МТЗ-80	33,4
К-701	33,7
МТЗ-100, МТЗ-142	34,4

Зерноуборочные комбайны:

«Колос»	18,7
«Нива»	20,0
«Сибиряк»	21,1
«Дон-1500»	23,0

Троллейбусы:

ЗиУ-689Б	55
ЗиУ-5Г, ЗиУ-9	70

Суда:

Речной пассажирский дизель-электроход «Ленин»	26
Моторные лодки «Ока», «Крым», «Нептун»	30
Атомный ледокол «Ленин»	36,4
Океанский лайнер «Александр Пушкин»	37
Атомный ледокол «Россия»	38,2
Теплоход «Ракета» (на подводных крыльях)	70
Теплоход «Барс» (на воздушной подушке)	80

* * *

Крейсерская скорость самолетов и вертолетов, км/ч*

Ан-2	180
Ил-14М	320
Ан-28	350
Ан-24	450—475
Ил-18Д	650
Як-42	810
Ан-124	800—850
Ту-134А	850
Ил-62М	870
Ту-154Б	900
Ка-26	135
Ми-4	140
Ми-2	190
Ми-8	220
Ми-6	250
Ми-26	255

40. Мировые рекорды скорости машин

В таблице приведены официально зарегистрированные мировые скорости движения (в км/ч) некоторых машин (на 1.1. 1989 г.).

Вертолет	368,4
Электровоз	374,0
Мотоцикл	512,7
Автомобиль с поршневым двигателем	658,6
Автомобиль с реактивным двигателем	1025,2
Самолет с поршневым двигателем	832,12
Самолет с газотурбинным двигателем	877,2
Самолет с реактивным двигателем	3529,6

Примечание. Первый официально зарегистрированный мировой рекорд скорости на автомобиле был равен 63,15 км/ч (1898 г.).

41. Скорости, встречающиеся в военной технике

	м/с
Скорость выхода ракеты «Поларис» из пусковой шахты атомной подводной лодки (при подводном запуске)	50
Начальная скорость гранаты гранатомета М79 (США)	76
То же для гранатомета РГП-2 (СССР)	87
Начальная скорость пули:	
пистолет «Кольт» (США)	250
пистолет Макарова (ПМ)	315
автомат Калашникова (АКМ)	715
ручной пулемет Калашникова (РПК и РПКС)	745
пулемет Калашникова на станке (ПК, ПКС)	825
Начальная скорость:	
снаряд современного орудия (среднее значение)	1000 и выше
снаряд 76-миллиметровой пушки образца 1942 г.	680
мина миномета (среднее значение)	100—350
Скорость газов в струе кумулятивного снаряда	до 15 000
	км/ч
Средняя скорость движения танковых колонн по дорогам:	
ночью	15—20
днем	20—30
Максимальная скорость танка:	
плавающий (ПТ-76) по шоссе	44

* См. сноску в табл. 404.

плавающий (ПТ-76) по грунтовой дороге . . . . 20—25
плавающий (ПТ-76) на плаву 10,2
Т-34 55
«Леопард» (основной танк ФРГ) 70

Максимальная скорость бронетранспортера:
БТР-152 по шоссе 75
БТР-60П » » 80
бронетранспортеров армий США и ФРГ . . . . . . 64—70

Скорость артиллерийского тягача АТ-Т . . . . до 35

Максимальная скорость военных судов (ориентировочные значения):
авианосец 60
атомная подводная лодка (подводный ход) 60
крейсер 70
эсминец 75
торпедный катер 100

Максимальная скорость подводных лодок периода Великой Отечественной войны:
подводный ход лодки
тип К 18,5
тип Щ, С 16
надводный ход лодки
тип К 41
тип Щ 26
тип С 37

Скорость современного боевого самолета . . . . до 2500

Скорость истребителя МиГ-21 . » 2175

Скорость самолетов периода Великой Отечественной войны:
штурмовик Ил-2 . . . . . до 420
бомбардировщик Ту-2 . . » 547
истребитель Як-9 . . . . » 605
» Як-3 . . . . » 660
» Ла-5 . . . . » 648
» МиГ-3 . . . » 640

42. Космические скорости

Первая космическая скорость — наименьшая начальная скорость, которую необходимо сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником планеты (небесного тела). Иногда вместо термина «первая космическая скорость» употребляют термин «круговая скорость».

Вторая космическая скорость — наименьшая начальная скорость, которую нужно сообщить телу, для того чтобы оно смогло покинуть планету (небесное тело). Вторую космическую скорость называют также параболической или скоростью освобождения.

Третья космическая скорость — наименьшая начальная скорость, при которой тело преодолевает притяжение Земли, затем притяжение Солнца и покидает Солнечную систему.

Космические скорости для Земли

Высота над Землей, км	Скорость, км/с		Высота над Землей, км	Скорость, км/с	
	первая космическая	вторая космическая		первая космическая	вторая космическая
0	7,91	11,19	2 000	6,90	9,76
60	7,87	11,13	5 000	5,92	8,37
100	7,85	11,10	10 000	4,93	6,98
200	7,79	11,01	20 000	3,89	5,50
300	7,73	10,93	50 000	2,66	3,76
500	7,62	10,77	100 000	1,94	2,74
1 000	7,35	10,40	930 000*	0,65	0,93

Примечания. 1. Значения космических скоростей даны при отсутствии атмосферы. 2. Третья космическая скорость составляет 16,67 км/с.

* Эта высота определяет границу околоземного космического пространства, т. е. сферу действия земного притяжения: в пределах этой области воздействие гравитационного поля Земли на полет космического аппарата является определяющим по сравнению с воздействием гравитационных полей Солнца и планет.

Первая и вторая космические скорости на поверхности некоторых небесных тел

Небесное тело	Первая космическая скорость, км/с	Вторая космическая скорость, км/с	Небесное тело	Первая космическая скорость, км/с	Вторая космическая скорость, км/с
Луна	1,68	2,375	Юпитер	43,5	61,7
Солнце	439,3	617,7	Сатурн	26,0	36,4
Меркурий . . .	3	4,2—4,3	Уран	15,3	22
Венера	6,2	10,2	Нептун	17,0	24,6
Марс	3,5	5,0			

43. Шкала Бофорта для визуальной оценки скорости ветра

В таблице приведена принятая Всемирной метеорологической организацией двенадцатибалльная шкала Бофорта* для приближенной оценки скорости ветра по его действию на наземные предметы или по волнению в открытом море. Средняя скорость ветра указывается на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью.

Баллы Бофорта	Словесное определение силы ветра	Средняя скорость ветра		Действие ветра
		м/с	км/ч	
0	Штиль	0—0,2	<1	Дым поднимается вертикально, листья деревьев неподвижны. Зеркально-гладкое море.
1	Тихий	0,3—1,5	1—5	Дым отклоняется от вертикального направления, на море легкая рябь, пены на гребнях нет. Высота волн до 0,1 м
2	Легкий	1,6—3,3	6—11	Ветер чувствуется лицом, листья шелестят, флюгер начинает двигаться, на море короткие волны максимальной высотой до 0,3 м
3	Слабый	3,4—5,4	12—19	Листья и тонкие ветки деревьев колышутся, колышутся легкие флаги, легкое волнение на воде, изредка образуются маленькие барашки. Средняя высота волн 0,6 м
4	Умеренный	5,5—7,9	20—28	Ветер поднимает пыль, бумажки; качаются тонкие ветви деревьев, белые барашки на море видны во многих местах. Максимальная высота волн до 1,5 м
5	Свежий	8,0—10,7	29—38	Качаются ветки и тонкие стволы деревьев, ветер чувствуется рукой, повсюду видны белые барашки. Максимальная высота волн 2,5 м, средняя — 2 м

* Шкала разработана английским адмиралом Ф. Бофортом в 1806 г.

Продолжение

Баллы Бофорта	Словесное определение силы ветра	Средняя скорость ветра		Действие ветра
		м/с	км/ч	
6	Сильный	10,8—13,8	39—49	Качаются толстые сучья деревьев, тонкие деревья гнутся, гудят телефонные провода, зонтики используются с трудом; белые пенистые гребни занимают значительные площади, образуется водяная пыль. Максимальная высота волн — до 4 м, средняя — 3 м
7	Крепкий	13,9—17,1	50—61	Качаются стволы деревьев, гнутся большие ветки, трудно идти против ветра, гребни волн срываются ветром. Максимальная высота волн — до 5,5 м
8	Очень крепкий	17,2—20,7	62—74	Ломаются тонкие и сухие сучья деревьев, говорить на ветру нельзя, идти против ветра очень трудно. Сильное волнение на море. Максимальная высота волн — до 7,5 м, средняя — 5,5 м
9	Шторм	20,8—24,4	75—88	Гнутся большие деревья, ветер срывает черепицу с крыш, очень сильное волнение на море, высокие волны (максимальная высота — 10 м, средняя — 7 м)
10	Сильный шторм	24,5—28,4	89—102	На суше бывает редко. Значительные разрушения строений, ветер валит деревья и вырывает их с корнем, поверхность моря белая от пены, сильный грохот волн подобен ударам, очень высокие волны (максимальная высота — 12,5 м, средняя — 9 м)
11	Жестокий шторм	28,5—32,6	103—117	Наблюдается очень редко. Сопровождается разрушениями на больших пространствах. На море исключительно высокие волны (максимальная высота — до 16 м, средняя — 11,5 м), суда небольших и средних размеров временами скрываются из виду
12	Ураган	32,7 и более	118 и более	

44. Максимальная скорость падения парашютиста и время ее достижения

Высота прыжка, км	Максимальная (установившаяся) скорость падения (до раскрытия парашюта), м/с	Время достижения максимальной (установившейся) скорости падения, с
1	50	12
2	53	12,5
4	59	14
6	66	15
8	73	16,5
10	81	18
12	90	19,5
14	102	21
16	115	23

Для сравнения ниже приведена установившаяся скорость падения капель дождя.

Радиус капли, мм	Установившаяся скорость падения капель, м/с
0,6	4,6
1	6,5
2	8,8
2,5—2,9	≈9

45. Соотношения между единицами скорости

Единицы скорости	м/ч	см/с	м/мин	км/ч	уз (узел)	м/с	км/с
1 м/ч	1	$2,78 \cdot 10^{-2}$	$1,67 \cdot 10^{-2}$	10^{-3}	$5,4 \cdot 10^{-5}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$2,78 \cdot 10^{-7}$
1 см/с	36	1	0,6	0,036	$1,94 \cdot 10^{-2}$	0,01	10^{-5}
1 м/мин	60	1,67	1	0,06	$3,24 \cdot 10^{-2}$	$1,67 \cdot 10^{-2}$	$1,67 \cdot 10^{-5}$
1 км/ч	1000	27,8	16,7	1	0,54	0,278	$2,78 \cdot 10^{-4}$
1 уз	$1,85 \cdot 10^{3}$	51,4	30,9	1,85	1	0,514	$5,14 \cdot 10^{-4}$
1 м/с	3600	100	60	3,6	1,94	1	10^{-3}
1 км/с	$3,6 \cdot 10^{6}$	10,5	$6 \cdot 10^{4}$	3600	1940	1000	1

Примечание. 1 км/ч = 1/3,6 м/с = 0,27778 м/с = 16,667 м/мин = 27,778 см/с = 0,53996 уз.

46. Таблица для перевода скорости из километров в час в метры в секунду

1 км/ч = 0,2777... м/с

км/ч	км/ч 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	м/с									
0	0,0000	0,2778	0,5556	0,8333	1,1111	1,3889	1,6667	1,9444	2,2222	2,5000
10	2,7778	3,0556	3,3333	3,6111	3,8889	4,1667	4,4444	4,7222	5,0000	5,2778
20	5,5556	5,8333	6,1111	6,3889	6,6667	6,9444	7,2222	7,5000	7,7778	8,0556
30	8,3333	8,6111	8,8889	9,1667	9,4444	9,7222	10,0000	10,2778	10,5556	10,8333
40	11,1111	11,3889	11,6667	11,9444	12,2222	12,5000	12,7778	13,0556	13,3333	13,6111
50	13,8889	14,1667	14,4444	14,7222	15,0000	15,2778	15,5556	15,8333	16,1111	16,3889
60	16,6667	16,9444	17,2222	17,5000	17,7778	18,0556	18,3333	18,6111	18,8889	19,1667
70	19,4444	19,7222	20,0000	20,2778	20,5556	20,8333	21,1111	21,3889	21,6667	21,94444
80	22,2222	22,5000	22,7778	23,0556	23,3333	23,6111	23,8889	24,1667	24,4444	24,7222
90	25,0000	25,2778	25,5556	25,8333	26,1111	26,3889	26,6667	26,9444	27,2222	27,5000

Примеры.

1. 38 км/ч = 10,5556 м/с.
2. 0,73 км/ч = 0,202778 м/с.
   (73 км/ч = 20,2778 м/с).
3. 1661 км/ч:
   1600 км/ч = 444,44 м/с
   + 61 км/ч = 16,9444 м/с
   1661 км/ч = 461,3844 м/с ≈ 461,4 м/с

47. Таблица для перевода скорости из метров в секунду в километры в час

1 м/с=3,6 км/ч

м/с	м/с									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	км/ч									
0	0,0	3,6	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6	25,2	28,8	32,4
10	36,0	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0	57,6	61,2	64,8	68,4
20	72,0	75,6	79,2	82,8	86,4	90,0	93,6	97,2	100,8	104,4
30	108,0	111,6	115,2	118,8	122,4	126,0	129,6	133,2	136,8	140,4
40	144,0	147,6	151,2	154,8	158,4	162,0	165,6	169,2	172,8	176,4
50	180,0	183,6	187,2	190,8	194,4	198,0	201,6	205,2	208,8	212,4
60	216,0	219,6	223,2	226,8	230,4	234,0	237,6	241,2	244,8	248,4
70	252,0	255,6	259,2	262,8	266,4	270,0	273,6	277,2	280,8	284,4
80	288,0	291,6	295,2	298,8	302,4	306,0	309,6	313,2	316,8	320,4
90	324,0	327,6	331,2	334,8	338,4	342,0	345,6	349,2	352,8	356,4

Примеры. 1. 63 м/с=226,8 км/ч.
2. 0,46 м/с=1,656 км/ч.
3. 1324 м/с:
1300 м/с=4680 км/ч
+24 м/с=86,4 км/ч
4766,4 км/ч

48. Частота вращения

	$с^{-1}$ (или об/с)	$мин^{-1}$ (или об/мин)
Шпиндель токарно-винторезного станка 1К62	0,2—33,3	12,5—2000
Рабочие колеса мощных поворотнолопастных гидротурбин	1—3	60—180
Рабочие колеса мощных радиальноосевых гидротурбин	1,3—10,0	83—600
Винт вертолета (среднего и легкого)	3,3—6,6	200—400
Воздушный винт самолета:		
Ил-18	18	1080
Ан-24	22	1300
Ан-2	23—25	1400—1500
Коленчатый вал двигателей тракторов	18—40	1080—2400
Ротор мощной паровой турбины	50	3000
Коленчатый вал двигателей легковых автомобилей	60—100	3600—6000
Барабан молочного сепаратора	100—170	6000—10 000
Ротор газовой турбины	200—300	12 200—18 000
Ротор газовой турбины турбовинтового двигателя АИ-24	250	15 100
Шпиндель станков:		
шлифовальных	200—2400	12 000—144 000
сверлильного 2А150	0,5—23,3	32—1400
Снаряд 76-миллиметровой пушки образца 1942 г.	357	21 420
Снаряд 85-миллиметровой танковой пушки	370	22 200
Ротор гироскопа в системе управления баллистической ракеты	500—1000	30 000—60 000
Пуля, вылетающая из автомата Калашникова	≈3000	≈180 000

49. Ускорения в различных случаях, м/с^2

Ускоренное движение		Замедленное движение	
Пассажирские лифты	0,3—0,6	Пассажирские лифты	0,3—0,6
Пассажирские лифты скоростные	0,9—1,6	Пассажирские лифты скоростные	0,9—1,6
Трамваи	0,5—1,0*	Лифт при остановке кнопкой «Стоп» (максимальное ускорение)	3,0
Троллейбусы	1,0—1,5*	Транспортные машины (трамваи и др.)	0,8—1,5***
Пригородные электропоезда	0,6—0,7*	Трамвай (при экстренном торможении)	до 3
Вагоны метрополитена	0,8—1,3*	Автомобиль «Волга» (ГАЗ-21) при свободном качении (со скорости 50 км/ч)	0,18
Самолет Ил-62 при разбеге	1,7	Автомобиль «Жигули» (ВАЗ-2101) при свободном качении (со скорости 80 км/ч)	0,48
Самолет Ил-18 при разбеге	1,6	Самолет Ил-62 при пробеге	2,0
Автомобиль «Жигули» (ВАЗ-2101) при разгоне с места до скорости 100 км/ч	1,3**	Самолет Ил-18 при пробеге	3,0
То же для автомобиля «Жигули» (ВАЗ-2103)	1,5**	Мотоцикл (при аварийном торможении)	5,0
Автомобиль «Волга» (ГАЗ-21) (максимальное ускорение):		Легковой автомобиль (при аварийном торможении)	7
на первой передаче	2,0	Троллейбус ЗИУ-5 (при аварийном торможении)	5,0
» второй »	1,4		
» третьей »	0,7		
Снаряд в стволе 76-миллиметровой пушки образца 1942 г. при выстреле	≈72 000		
Пуля в стволе автомата Калашникова при выстреле	≈600 000		

* Обычное эксплуатационное ускорение при движении с места.
** Максимальное среднее ускорение.
*** Обычное эксплуатационное ускорение при остановке.

50. Тормозной путь* автомобиля

В таблице приведены установленные экспериментально средние значения тормозного пути при движении автомобиля по горизонтальному участку дороги в различных дорожных условиях:

при движении по сухому, чистому асфальтобетону (коэффициент сцепления шин с дорогой $c = 0,85$);

* Тормозной путь — расстояние, которое проходит автомобиль с момента начала торможения до полной остановки.

при движении по сухой булыжной или щебеночной дороге или по мокрому асфальтобетону ($c = 0{,}60$);

при движении по дорогам со скользким покрытием (обледенелая дорога, замасленная асфальтобетонная дорога и др., $c = 0{,}20$).

Типы автомобилей	c	Тормозной путь автомобиля, м							
		Начальная скорость движения, км/ч							
		20	30	40	50	60	70	80	100
Легковые	0,85	3,6	7,2	12,0	18,0	25,2	33,6	43,2	66,0
	0,60	4,6	9,5	16,0	24,2	34,2	45,9	59,3	91,0
	0,20	12,0	26,1	45,6	70,5	100,8	—	—	—
Грузовые и автобусы с гидравлическим тормозом	0,85	4,6	9,5	16,0	24,2	34,2	45,9	59,3	91,0
	0,60	6,0	12,6	21,6	33,0	46,8	63,0	81,6	126,0
	0,20	16,6	34,2	60,0	93,0	133,4	—	—	—
Грузовые, автобусы, автопоезда с пневматическим тормозом	0,85	6,2	11,9	19,2	28,2	39,0	51,5	67,5	39,0
	0,60	7,6	15,0	24,8	37,0	51,6	68,6	88,0	134,0
	0,20	7,2	36,8	63,2	97,0	138,2	—	—	—

Примечания. 1. Путь свободного качения легковых автомобилей со скорости 50 км/ч равен: ЗАЗ-966—490 м, ЗАЗ-968—479 м, ВАЗ-2101—430 м, ВАЗ-2103—435 м, «Москвич-408» — 465 м, «Москвич-412» — 460 м, «Волга» (ГАЗ-21) — 533 м, «Волга» (ГАЗ-24) — 547 м, УАЗ-469 — 412 м.

2. Время разгона легковых автомобилей с места до скорости 100 км/ч равно: ВАЗ-1111 — 30 с, ЗАЗ-1102 — 18 с, ВАЗ-2101 — 20 с, ВАЗ-2103 — 17 с, ВАЗ-2105 — 18 с, ВАЗ-2106 — 16 с, ВАЗ-2107 — 15 с, ВАЗ-2108 — 16 с, «Москвич-2140» — 19 с, «Москвич-2141» — 16,7 с, ГАЗ-24-10 — 21 с, ГАЗ-3102—16,2 с, ГАЗ-14—15 с, ЗИЛ-4104—13 с.

51. Ускорение свободного падения g на различной высоте h над уровнем моря

h, м	g, м/с²	h, м	g, м/с²	h, м	g, м/с²
0	9,8066	3 000	9,7974	18 000	9,7513
50	9,8065	4 000	9,7943	19 000	9,7483
100	9,8063	5 000	9,7912	20 000	9,7452
150	9,8062	6 000	9,7882	25 000	9,7300
200	9,8060	7 000	9,7851	30 000	9,7147
300	9,8057	8 000	9,7820	40 000	9,6844
400	9,8054	9 000	9,7789	50 000	9,6542
500	9,8051	10 000	9,7759	60 000	9,6241
600	9,8048	11 000	9,7728	70 000	9,5942
700	9,8045	12 000	9,7697	80 000	9,5644
800	9,8042	13 000	9,7667	90 000	9,535
900	9,8039	14 000	9,7636	100 000	9,505
1000	9,8036	15 000	9;7605	120 000	9,447
1500	9,8020	16 000	9,7575		
2000	9,8005	17 000	9,7544		

Примечание. На высотах, превышающих 120 км, ускорение свободного падения имеет следующие значения: на высоте 500 км — 8,45 м/с²; 1000 км — 7,36 м/с²; 5000 км — 3,08 м/с²; 10 000 км — 1,50 м/с²; 50 000 км — 0,125 м/с²; 200 000 км — 0,0093 м/с²; 400 000 км — 0,0025 м/с².

52. Ускорение свободного падения в различных местах Земли

Ускорение свободного падения g зависит от географической широты φ места, а также от высоты h этого места над уровнем моря. Зависимость g от φ на уровне моря выражается формулой $g_\varphi = 978{,}049\,(1+0{,}005288\sin^2\varphi - 0{,}000006\sin^2 2\varphi)$ (1), а зависимость g от h — формулой $g_h = g_0 - 0{,}0003086h$* (2), где g_0 — ускорение свободного падения на уровне моря, см/с^2, h — высота места, м.

В таблице приведены значения g на уровне моря для различных широт (с интервалами в 1°), вычисленные по формуле (1), и значения g для некоторых городов мира (их географические координаты — широта φ и долгота λ — даны по Гринвичу; буквы «з» и «в» означают «западной» или «восточной» долготы).

Широта, °	Градусы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	g, см/с^2									
0	978,049	978,051	978,055	978,063	978,074	978,088	978,105	978,125	978,149	978,175
10	978,204	978,237	978,272	978,310	978,350	978,394	978,440	978,489	978,541	978,595
20	978,652	978,711	978,772	978,836	978,902	978,969	979,039	979,111	979,185	979,261
30	979,338	979,417	979,497	979,578	979,661	979,746	979,831	979,917	980,004	980,092
40	980,180	980,270	980,359	980,449	980,539	980,629	980,720	980,810	980,900	980,989
50	981,079	981,167	981,255	981,343	981,429	981,515	981,599	981,682	981,764	981,845
60	981,924	982,001	982,077	982,151	982,224	982,294	982,362	982,429	982,493	982,554
70	982,614	982,671	982,725	982,777	982,827	982,873	982,917	982,958	982,997	983,032
80	983,065	983,094	983,121	983,144	983,165	983,182	983,196	983,207	983,215	983,200
90	983,221									

Город	φ	λ	h, м	g, см/с^2	Город	φ	λ	h, м	g, см/с^2
Берлин	52°30′	12°24′ в	40	981,280	Париж	48°50′	2°20′ в	61	980,943
Вашингтон . . .	38°54′	77°02′ з	14	980,118	Прага	50°05′	14°59′ в	59	981,014
Гринвич	51°29′	0°00′	48	981,189	Рим	41°54′	12°30′ в	49	980,367
Мадрид	40°24,5′	3°41′ в	655	979,981	Стокгольм . . .	59°19′	18°04′ в	45	981,843
Осло	59°55′	10°44′ в	28	981,927	Токио	35°43′	139°46′ в	18	979,801

* Формула (2) справедлива для высоты до нескольких сотен километров. Из нее вытекает, что ускорение свободного падения уменьшается на 3 мкм/с^2 при подъеме на 1 м.

53. Силы, действующие в различных случаях

	кН	кгс
Притяжение электрона к протону в атоме водорода	$\approx 2\cdot10^{-11}$	$\approx 2\cdot10^{-9}$
Тяга ракетного двигателя первой советской ракеты на жидком топливе (ГИРД-Х)	0,64	65
Тяга реактивного двигателя истребителя МиГ-21	38	3900
Тяга одного воздушного винта самолета Ил-18 (взлетный режим)	39,9	4070
Тяга колесного трактора К-701	до 64	до 6500
Тяга тепловоза ТЭП75 (при скорости 70 км/ч)	177	18 000
Тяга электровоза $ВЛ80^к$ (при трогании с места)	642	66 200
Тяга двухсекционного тепловоза 2ТЭ10Л (при трогании с места)	835	85 200
Тяга ракеты-носителя космического корабля «Союз»		
первая ступень (четыре двигателя)	4000	408 000
вторая ступень (один двигатель)	940	96 000
третья ступень (один двигатель)	290	30 000
Тяготение между Землей и Луной	$\approx 2\cdot10^{17}$	$\approx 2\cdot10^{19}$
Тяготение между Солнцем и Землей	$\approx 3{,}5\cdot10^{19}$	$\approx 3{,}6\cdot10^{21}$

54. Определение гравитационной постоянной

Автор (авторы) эксперимента и страна	Год эксперимента	Полученное значение G, 10^{-11} Н·м²/кг²
Г. Кавендиш, Англия	1798	$6{,}67\pm0{,}05$
Ф. Райх, Германия	1852	$6{,}64\pm0{,}06$
Д. Пойтинг, Англия	1891	$6{,}70\pm0{,}04$
Р. Этвеш, Венгрия	1896	$6{,}657\pm0{,}013$
П. Хейл, П. Хржановский, США	1942	$6{,}673\pm0{,}005$
Л. Фасси, К. Понтикис, Франция	1972	$6{,}6714\pm0{,}0006$
М. У. Сагитов, В. К. Милюков и др., СССР	1978	$6{,}6745\pm0{,}0008$
Ж. Лазер, У. Тоулер, США	1982	$6{,}6726\pm0{,}0005$

Примечание. Наиболее точное значение гравитационной постоянной получено после учета всех лабораторных методов ее определения, в основе которых лежат измерения силы притяжения между телами известных масс с помощью крутильных весов. В настоящее время значение G принято равным $6{,}67259\ (\pm0{,}00085)\times10^{-11}$ Н·м²·кг⁻².

55. Сила мышц руки человека

В таблицах приводятся средние значения силы мышц рук человека в возрасте 8—25 лет и сила мышц рук мужчин различных возрастных групп. Сила мышц рук определяется сдавливанием пружинного динамометра.

Возраст, лет	Сила мышц, Н (кгс)			
	Лица мужского пола		Лица женского пола	
	правая рука	левая рука	правая рука	левая рука
8	119,6 (12,2)	111,8 (11,4)	123,6 (11,6)	104,9 (10,7)
10	171,6 (17,5)	157,9 (16,1)	140,2 (14,3)	128,5 (13,1)
12	257,9 (26,3)	235,4 (24,0)	203,0 (20,7)	183,4 (18,7)
14	334,4 (34,1)	305,0 (31,1)	277,5 (28,3)	248,1 (25,9)
15	428,5 (43,7)	383,4 (39,1)	305,0 (31,1)	278,5 (28,4)
16	447,2 (45,6)	401,1 (40,9)	298,1 (30,4)	269,7 (27,5)
17	488,4 (49,8)	444,2 (45,3)	340,3 (34,7)	307,9 (31,4)
18	485,4 (49,5)	443,3 (45,2)	330,5 (33,7)	296,2 (30,2)
20	520,7 (53,4)	479,6 (48,9)	355,0 (36,2)	325,6 (33,2)
25	566,8 (57,8)	524,6 (53,5)	306,9 (31,3)	282,4 (28,8)

Возраст, лет	Сила мышц, Н (кгс)		Возраст, лет	Сила мышц, Н (кгс)	
	правая рука	левая рука		правая рука	левая рука
20—29	407,9 (41,6)	384,4 (39,2)	50—59	318,7 (32,5)	299,1 (30,5)
30—39	393,2 (40,1)	368,7 (37,6)	60—69	265,8 (27,1)	248,1 (25,3)
40—49	370,7 (37,8)	348,1 (35,5)			

56. Перегрузки

Перегрузка — относительная безразмерная величина, ее выражают отвлеченным числом (иногда перегрузку выражают и в «единицах» — ед.). Например, перегрузка, равная 2 (2 ед.), означает, что вес тела возрос при ускоренном движении в 2 раза (или что ускорение тела от действующей силы в два раза больше ускорения свободного падения)*. Под действием гравитационной силы человек в состоянии покоя на Земле всегда испытывает однократную перегрузку.

Время переносимости человеком перегрузок, с

Перегрузка	Направление действия перегрузки			
	голова — ноги	ноги — голова	грудь — спина	спина — грудь
3	900—1500	5—20	1200	300—420
4	600—900	5—6	900	60—180
5	120—240	—	600	60—120
6	30—120	—	300	60—120
7	30—40	—	180	60
8	10—15	—	90	60
9	—	—	...	20
12	—	—	28—30	3—6
14	—	—	18	—

* Иногда перегрузку неправильно выражают в кратностях ускорения свободного падения g; например, при двукратной перегрузке говорят, что перегрузка равна $2g$, в то время как перегрузка — относительная безразмерная величина.

Ниже приводятся примеры перегрузок, испытываемых человеком и различными объектами (в скобках — ориентировочное значение времени действия перегрузки).

Выход летчика из пикирования	до 8—9 (1 с)
Спуск в атмосфере Земли космического корабля типа «Союз» с использованием аэродинамического качества	3—4
Баллистический спуск в атмосфере Земли космического корабля . .	8—10
Катапультирование пилота	до 16 (0,1 с)
Приземление парашютиста при скорости приземления 6 м/с	1,8
То же при скорости приземления 10 м/с	5
Раскрытие парашюта при различных скоростях падения:	
25 м/с	1,3
30 м/с	1,8
40 м/с	3,3
50 м/с	5,2
55 м/с	6,2
Поперечные* перегрузки во время тренировок на центрифуге первых советских космонавтов	до 7—10
Максимальная перегрузка космонавтов при запуске пилотируемых космических кораблей	7,7—7,8
Перегрузки при выполнении на самолете фигур высшего пилотажа:	
петля Нестерова	3—6
вираж	3—5
штопор	2—3
бочка	4—5
Максимальная перегрузка спускаемого аппарата АМС «Венера-10» (в атмосфере планеты)	167

57. Соотношения между единицами силы

Единицы силы	Н	дин	кгс	тс	кН
1 Н	1	10^5	0,102	$1{,}02\cdot10^{-4}$	10^{-3}
1 дин	10^{-5}	1	$1{,}02\cdot10^{-6}$	$1{,}02\cdot10^{-9}$	10^{-8}
1 кгс	9,81	$9{,}81\cdot10^5$	1	10^{-3}	$9{,}81\cdot10^{-3}$
1 тс	$9{,}81\cdot10^3$	$9{,}81\cdot10^8$	10^3	1	9,81
1 кН	10^3	10^8	102	0,102	1

Примечание. 1 Н = 0,101972 кгс ≈ 102 кгс;
1 кгс = 9,80665 Н (точно) = 980,665 дин (точно) = $9{,}80665\cdot10^{-3}$ кН (точно);
1 гс = 10^3 мгс = 10^{-3} кгс = 10^{-6} тс = $9{,}80665\cdot10^{-3}$ Н (точно) = 9,80665 мН (точно);
1 тс = $9{,}80665\cdot10^3$ Н = 9,80665 кН;
1 дин = $1{,}01972\cdot10^{-6}$ кгс;
1 кН = 0,101972 тс = 101,972 кгс ≈ 102 кгс.

* Перегрузка в направлении «спина — грудь» или «грудь — спина» называется поперечной.

3*

58. Таблица для перевода значений силы из килограмм-сил в ньютоны

1 кгс = 9,80665 Н (точно)

кгс	кгс									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Н									
0	0	9,80665	19,6133	29,4200	39,2266	49,0332	58,8399	68,6466	78,4532	88,2598
10	98,0665	107,873	117,680	127,486	137,293	147,100	156,906	166,713	176,520	186,326
20	196,133	205,940	215,746	225,553	235,360	245,166	254,937	264,780	274,586	284,393
30	294,200	304,006	313,813	323,619	333,426	343,233	353,039	362,846	372,653	382,459
40	392,266	402,073	411,879	421,686	431,493	441,299	451,106	460,913	470,719	480,526
50	490,332	500,139	509,946	519,752	529,559	539,366	549,172	558,979	568,786	578,592
60	588,399	598,206	608,012	617,819	627,626	637,432	647,239	657,046	666,852	676,659
70	686,466	696,272	706,079	715,885	725,692	735,499	745,305	755,112	764,919	744,725
80	784,532	794,339	804,145	813,952	823,759	833,565	843,372	853,179	862,985	872,792
90	882,598	892,405	902,212	912,018	921,825	931,632	941,438	951,245	961,052	970,858

Примеры.
1. 23 кгс = 225,553 Н ≈ 230 Н.
2. 0,87 кгс = 8,53179 Н ≈ 8,5 Н.
3. 2078 кгс: 2000 кгс = 19 613,3 Н
+ 78 кгс = 764,919 Н

2078 кгс = 20 378,219 Н ≈ 2038 Н = 20,38 кН

59. Давление *p* атмосферы на различной высоте *h* над Землей

h, м	*p*		*h*, м	*p*	
	Па	мм рт ст		Па	мм рт. ст.
0	101 325	760,00	10 000	26 500	198,76
50	100 720	755,51	11 000	22 700	170,26
100	100 129	751,03	12 000	19 399	145,51
150	99 536	746,58	13 000	16 580	124,36
200	98 945	742,15	14 000	14 170	106,39
300	97 773	733,36	15 000	12 112	90,85
400	96 611	724,64	16 000	10 353	77,65
500	95 461	716,02	17 000	8 850	66,38
600	94 322	707,48	18 000	7 565	56,74
700	93 194	699,02	19 000	6 467	48,51
800	92 077	690,64	20 000	5 529	41,49
900	90 972	682,34	25 000	2 549	19,12
1000	89 876	674,13	30 000	1 197	8,98
2000	79 501	596,31	40 000	296	2,22
3000	70 121	525,95	50 000	79,8	0,60
4000	61 660	462,49	60 000	21,2	0,16
5000	54 048	405,39	70 000	5,22	$3{,}9\cdot10^{-2}$
6000	47 218	354,16	80 000	1,05	$8{,}2\cdot10^{-3}$
7000	41 105	308,31	90 000	0,183	$1{,}4\cdot10^{-3}$
8000	35 652	267,41	100 000	0,032	$2{,}4\cdot10^{-4}$
9000	30 801	231,02	120 000	0,0026	$1{,}9\cdot10^{-5}$

Примечания. 1. Данные таблицы соответствуют стандартной атмосфере (см. сноску в табл. 23).
2. Плотность и температуру атмосферы на различной высоте см. в табл. 23, 141.

60. Остаточное давление в различных устройствах и приборах

	Па	мм рт. ст.
В сосуде, воспроизводящем тройную точку воды	611	4,58
В колбе газополной электрической лампы накаливания	$8\cdot10^{4}$	600
В колбе горящей газополной электрической лампы накаливания	$1\cdot10^{5}$	900
В колбе вакуумной электрической лампы накаливания	$1{,}3\cdot10^{-2}$—$1{,}3\cdot10^{-3}$	10^{-4}—10^{-5}
В колбе радиолампы	$1{,}3\cdot10^{-4}$—$1{,}3\cdot10^{-5}$	10^{-6}—10^{-7}
» » рентгеновской трубки	$\approx10^{-7}$	$\approx10^{-9}$
» » большинства современных электровакуумных приборов	$1{,}3\cdot10^{-4}$—$1{,}3\cdot10^{-6}$	10^{-6}—10^{-8}
В вакуумной камере напольных бытовых пылесосов не менее	$11\cdot10^{3}$	81
В вакуумной камере доильной установки	46 700—50 100	350—380
В вакуумной камере промышленной печи для вакуумной индукционной плавки	0,6	$5\cdot10^{-3}$
Остаточное давление, достижимое существующими методами*	$\approx10^{-13}$—10^{-14}	$\approx10^{-15}$—10^{-16}

* При таком давлении в 1 $см^3$ объема остается всего несколько десятков молекул.

61. Парциальное давление газов, входящих в состав атмосферы

Газ	Относительная молекулярная масса	Парциальное давление	
		Па	мм рт. ст.
Азот N_2	28,013	79 110	593,4
Кислород O_2	31,999	21 220	159,2
Аргон Ar	39,948	943	7,07
Углекислый газ CO_2	44,011	31	0,23
Неон Ne	20,183	1,9	0,014
Гелий He	4,003	0,51	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Криптон Kr	83,80	0,11	$8,4 \cdot 10^{-4}$
Водород H_2	2,016	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
Ксенон Xe	131,30	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$6,1 \cdot 10^{-5}$
Озон O_3	47,998	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$

Примечания. 1. Средняя относительная молекулярная масса сухого воздуха составляет 28,96.

2. Парциальное давление газа, входящего в состав воздуха, определяется по формуле $p_n = \frac{p}{100\%} V\%$, где p_n — парциальное давление данного газа, p — общее давление, V — объемная доля данного газа в атмосфере (см. табл. 356).

62. Парциальное давление кислорода на различной высоте *h* над Землей

h, м	Барометрическое давление воздуха		Парциальное давление кислорода	
	Па	мм рт. ст.	Па	мм рт. ст.
0	101 325	760	21 198	159
1000	89 859	674	18 798	141
2000	79 460	596	16 666	125
3000	70 127	526	14 665	110
4000	61 595	462	13 066	98
5000	53 996	405	11 332	85
6000	47 196	354	9 999	75

63. Примерные значения давлений *p* в различных случаях

	p	
	кПа	кгс/см²
Газы и пары		
Воздух в вакуумной камере доильной установки	47—51	0,46—0,50
Наименьшее атмосферное давление, отмеченное на уровне моря	91,2	0,93 (684 мм рт. ст.)
Наибольшее атмосферное давление, отмеченное на уровне моря	107,8	1,10 (808,7 мм рт. ст.)
Воздух в шинах легкового автомобиля	170—230	1,7—2,3
Воздух в пневматической системе дверей вагонов метрополитена	300	3
Воздух в тормозной системе поезда	500	5
Воздух в пневмозажимах металлообрабатывающих станков	200—600	2—6
Воздух в пневматических инструментах	800—900	8—9
Газ в магистральных газопроводах (начальное давление)	5000—5500	50—56
Пар в паровых котлах	800; 1370; 2350; 9800; 13 700; 25 000	9; 14; 24; 100; 140; 255
Пороховые газы в стволе при выстреле (наибольшее значение) из		
миномета	120 000	1200
76-миллиметровой пушки образца 1942 г.	247 000	2520
автомата	270 000	2800
современной пушки	390 000	4000
Жидкости		
Масло в системе смазки двигателей автомобилей и тракторов	150—400	1,5—4,5
Масло в системе смазки двигателей автомобиля «Жигули»	350—450	3,5—4,5
Топливо в форсунке гусеничных тракторов (давление перед началом впрыска в цилиндр)	12 200	125
Жидкость в напорной системе гидропресса средней мощности	20 000—39 000	200—400
Твердые тела		
Колеса «Лунохода-2» на лунный грунт	5	0,05
Болотный гусеничный трактор на почву	≈24	≈0,24
Снегоход «Буран» на дорогу	32	0,33
Гусеничный трактор на почву	39—59	0,4—0,6
Гусеничный артиллерийский тягач АТ-Л на почву	44	0,45
Гусеничный артиллерийский тягач АТ-Т на почву	67	0,68
Колеса легкового автомобиля на дорогу	190—300	1,9—3,0
Фундамент высотного здания на почву	≈440	≈4,5
Фундамент Останкинской телевизионной башни на почву	270	2,7
Колеса вагона на рельсы	≈290 000	≈3000
Стальная стружка на переднюю грань резца	до 2 450 000	до 25 000

64. Давление газов в цилиндре четырехтактного двигателя внутреннего сгорания

Процесс	Давление, МПа (ат)
Карбюраторный д.в.с.	
Конец процесса впуска	0,07—0,09 (0,7—0,9)
Конец процесса сжатия	0,5—0,9 (5—9)
Конец процесса сгорания	3,0—3,5 (30—35)
Конец процесса расширения	0,5—0,6 (5—6)
Дизельный д.в.с.	
Конец процесса впуска	0,08—0,09 (0,8—0,9)
Конец процесса сжатия	3,5—4,0 (35—40)
Конец процесса сгорания	6,0—9,0 (60—90)
Конец процесса расширения	0,4—0,5 (4—5)

Примечание. Значения температуры газов в цилиндре двигателя внутреннего сгорания см. в табл. 143.

65. Давление газа в турбореактивном двигателе (примерные значения)

	Давление газа		Скорость газа, м/с
	МПа	кгс/см² (ат)	
Воздух (на уровне земли)	0,10	1,0	0
» на входе в компрессор	0,09	0,9	180
» на выходе из компрессора	0,63	6,4	125
Газ на входе в турбину	0,58	5,9	176
» на выходе из турбины	0,18	1,8	317
» » » реактивного сопла	0,12	1,2	550

Примечание. Значения температуры газа в турбореактивном двигателе см. в табл. 144.

66. Соотношения между единицами давления

Единицы давления	Па	дин/см²	кгс/см²	кгс/мм²	атм	мм рт. ст.	мм вод. ст.	бар	мбар
1 Па	1	10	$1{,}02\cdot10^{-5}$	$1{,}02\cdot10^{-7}$	$9{,}87\cdot10^{-6}$	$7{,}50\cdot10^{-3}$	0,102	10^{-5}	10^{-2}
1 дин/см²	0,1	1	$1{,}02\cdot10^{-6}$	$1{,}02\cdot10^{-8}$	$9{,}87\cdot10^{-7}$	$7{,}50\cdot10^{-4}$	$1{,}02\cdot10^{-2}$	10^{-6}	10^{-3}
1 кгс/см² (1 ат)	$9{,}81\cdot10^{4}$	$9{,}81\cdot10^{5}$	1	0,01	0,968	735,6	10^{4}	0,981	981
1 кгс/мм²	$9{,}81\cdot10^{6}$	$9{,}81\cdot10^{7}$	100	1	96,8	73 560	10^{6}	98,1	98 100
1 атм	101 325	1 013 250	1,0332	$1{,}0332\cdot10^{-2}$	1	760	10 332,2	1,01325	1013,25
1 мм рт. ст.	133,3	$1{,}33\cdot10^{3}$	$1{,}36\cdot10^{-3}$	$1{,}36\cdot10^{-5}$	$1{,}316\cdot10^{-3}$	1	13,6	$1{,}33\cdot10^{-3}$	1,33
1 мм вод. ст.	9,81	98,1	10^{-4}	10^{-6}	$9{,}68\cdot10^{-5}$	$7{,}356\cdot10^{-2}$	1	$9{,}81\cdot10^{-5}$	$9{,}81\cdot10^{-2}$
1 бар	10^{5}	10^{6}	1,02	$1{,}02\cdot10^{-2}$	0,987	750	$1{,}02\cdot10^{4}$	1	10^{3}
1 мбар	100	10^{3}	$1{,}02\cdot10^{-5}$	$1{,}02\cdot10^{-7}$	$9{,}87\cdot10^{-4}$	0,750	10,2	10^{-3}	1

Примечание. 1 Па = 1 Н/м² = 0,101972 кгс/м² = $1{,}01972\cdot10^{-5}$ кгс/см² = $1{,}01972\cdot10^{-5}$ ат = $1{,}01972\cdot10^{-7}$ кгс/мм² = $9{,}8692\cdot10^{-6}$ атм = 0,101972 мм вод. ст. = $7{,}5006\cdot10^{-3}$ мм рт. ст. = 0,01 мбар = 10 мкбар = 0,101972 кгс/м²;

1 бар = 10^{3} мбар = 10^{6} мкбар = 1,01972 кгс/см² = 1,01972 ат = 0,98692 атм = 10 197,2 мм вод. ст. = 750,06 мм рт. ст. = 0,1 МПа;

1 кгс/см² = 1 ат (техническая атмосфера) = 10^{4} кгс/м² = 10^{-2} кгс/мм² = 0,967841 атм = 98 066,5 Па (точно) = 0,0980665 МПа = 0,980665 бар (точно) = 980,665 мбар = 735,559 мм рт. ст.;

1 атм (физическая атмосфера) = 760 мм рт. ст. = 1,0332 кгс/см² = 101 325 Па = 0,101325 МПа = 10,332 м вод. ст.;

1 дин/см² = 10^{-6} бар = 1 мкбар = 0,0101972 кгс/м² = 0,0101972 мм вод. ст.;

1 кгс/м² = 1 мм вод. ст. = 9,80665 Па (точно) = 98,0665 дин/см² = $7{,}35559\cdot10^{-2}$ мм рт ст. = $9{,}67841\cdot10^{-5}$ атм.

67. Таблица для перевода значений давления из килограмм-сил на квадратный сантиметр [ат] в килопаскали

1 кгс/см^2 = 98,0665 кПа ≈ 98,1 кПа

кгс/см^2	кгс/см^2									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10^2 кПа									
0	0	0,980665	1,96133	2,94200	3,92266	4,90332	5,88399	6,86466	7,84532	8,92598
10	9,80665	10,7873	11,7680	12,7486	13,7293	14,7100	15,6906	16,6713	17,6520	18,6326
20	19,6133	20,5940	21,5746	22,5553	23,5360	24,5166	25,4973	26,4780	27,4586	28,4393
30	29,4200	30,4006	31,3813	32,3619	33,3426	34,3233	35,3039	36,2846	37,2653	38,2459
40	39,2266	40,2073	41,1879	42,1686	43,1493	44,1299	45,1106	46,0913	47,0719	48,0526
50	49,0332	50,0139	50,9946	51,9752	52,9559	53,9366	54,9172	55,8979	56,8786	57,8592
60	58,8399	59,8206	60,8012	61,7819	62,7626	63,7432	64,7239	65,7046	66,6852	67,6659
70	68,6466	69,6272	70,6079	71,5885	72,5692	73,5499	74,5305	75,5112	76,4919	77,4725
80	78,4532.	79,4339	80,4145	81,3952	82,3759	83,3565	84,3372	85,3179	86,2985	87,2792
90	88,2598	89,2405	90,2212	91,2018	92,1825	93,1632	94,1438	95,1245	96,1052	97,0858

П р и м е р ы. 1. 8 кг/см^2 = 7,84532·10^2 кПа = 784,532 кПа ≈ 0,78 МПа;

2. 16 600 кгс/см^2: + 16 000 кгс/см^2 = 15 690,6·10^2 кПа
600 кгс/см^2 = 588,399·10^2 кПа

16 600 кгс/см^2 = 16 278,999·10^2 кПа ≈ 1,63 ГПа

68. Таблица для перевода значений давления из физических атмосфер в килопаскали

1 атм = 101,325 кПа ≈ 101,33 кПа

атм	атм									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	кПа									
0	0	101,33	202,65	303,98	405,30	506,62	607,95	709,28	810,60	911,92
10	1013,25	1114,58	1215,90	1317,22	1418,55	1519,88	1621,20	1722,52	1823,85	1925,18
20	2026,50	2127,82	2229,15	2330,48	2431,80	2533,12	2634,45	2735,78	2837,10	2938,42
30	3039,75	3141,08	3242,40	3343,72	3445,05	3546,38	3647,70	3749,02	3850,35	3951,68
40	4053,00	4154,32	4255,65	4356,98	4457,30	4559,62	4660,95	4762,28	4863,60	4964,92
50	5066,25	5167,58	5268,90	5370,22	5471,55	5572,88	5674,20	5775,52	5876,85	5978,18
60	6079,50	6180,82	6282,15	6383,48	6484,80	6586,12	6687,45	6788,78	6890,10	6991,42
70	7092,75	7194,08	7295,40	7396,72	7498,05	7599,38	7700,70	7802,02	7903,35	8004,68
80	8106,00	8207,32	8308,65	8409,98	8511,30	8612,62	8713,95	8815,28	8916,60	9017,92
90	9119,25	9220,58	9321,90	9423,22	9524,55	9625,88	9727,20	9828,52	9929,85	10031,18

П р и м е р ы. 1. 24 атм = 2431,80 кПа ≈ 2400 кПа.

2. 0,49 атм = 49 атм $\cdot 10^{-2}$ = 4964,29 кПа $\cdot 10^{-2}$ = 49,6429 кПа ≈ 50 кПа.

3. 2183 атм = 2100 атм + 83 атм = 21 атм $\cdot 10^{2}$ + 83 атм = 2127,82 кПа $\cdot 10^{2}$ + 8409,98 кПа = 212 782 кПа + + 8409,98 кПа = 221 191,98 кПа ≈ 221 200 кПа.

69. Таблица для перевода значений давления из миллиметров ртутного столба в паскали

1 мм рт. ст. = 133,322 Па

мм рт. ст.	мм рт. ст.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Па									
0	0	133,322	266,644	399,966	533,288	666,610	799,932	933,254	1 066,58	1 199,90
10	1 333,22	1 466,54	1 599,86	1 733,19	1 866,51	1 999,83	2 133,15	2 266,47	2 399,80	2 533,12
20	2 666,44	2 799,76	2 933,08	3 066,41	3 199,73	3 333,05	3 466,37	3 599,69	3 733,02	3 866,34
30	3 999,66	4 132,98	4 266,30	4 399,63	4 532,95	4 666,27	4 799,59	4 932,91	5 066,24	5 199,56
40	5 332,88	5 466,20	5 599,52	5 732,85	5 866,17	5 999,49	6 132,81	6 266,13	6 399,46	6 532,78
50	6 666,10	6 799,42	6 932,74	7 066,07	7 199,39	7 332,71	7 466,03	7 599,03	7 732,68	7 866,00
60	7 999,32	8 132,64	8 265,96	8 399,29	8 532,61	8 665,93	8 799,25	8 932,57	9 065,90	9 199,22
70	9 332,54	9 465,86	9 599,18	9 732,51	9 865,83	9 999,15	10 132,5	10 265,8	10 399,1	10 532,4
80	10 665,8	10 799,1	10 932,4	11 065,7	11 199,0	11 332,4	11 465,7	11 599,0	11 732,3	11 865,7
90	11 999,0	12 132,3	12 265,6	12 398,9	12 532,3	12 665,6	12 798,9	12 932,2	13 065,6	13 198,9

Примеры. 1. 25 мм рт. ст. = 3333,05 Па.
2. 0,17 мм рт. ст. = 22,6647 Па (17 мм рт. ст. = 2266,47 Па).

70. Коэффициент трения скольжения (ориентировочные значения)

Трущиеся материалы (при сухих поверхностях)	Коэффициент трения	
	покоя	при движении
Бронза по бронзе		0,20
» » чугуну		0,21
Дерево по дереву (в среднем)	0,65	0,33
» » камню	0,46—0,60	
Дуб по дубу (вдоль волокон)	0,62	0,48
» » » (перпендикулярно волокнам)	0,54	0,34
Железо по железу	0,15	0,14
» » чугуну или бронзе (слабая смазка)	0,19	0,18
Канат пеньковый по деревянному барабану	0,40	
» » по железному барабану	0,25	
Каучук по дереву или металлу	0,8	0,55
Кирпич по кирпичу (гладко отшлифованные) . . .	0,5—0,7	
Колесо со стальным бандажом по рельсу		0,16
Лед по льду		0,028
Металл по дереву (в среднем)	0,60	0,40
» » камню (в среднем)	0,42—0,50	
» » металлу (в среднем)	0,18—0,20	
Медь по чугуну	0,27	
Полозья деревянные по льду		0,035
» » (обитые железом) по льду		0,020
Резина (шина) по твердому грунту	0,40—0,60	
» » » чугуну	0,83	0,8
Ремень кожаный по деревянному шкиву	0,50	0,3—0,5
» » по чугунному шкиву	0,3—0,5	0,56
Сталь по железу	0,19	
» » льду (коньки)	0,02—0,03	0,015
» » стали	0,15—0,25	0,09 ($v=3$ м/с) 0,03 ($v=27$ м/с)
Сталь (или чугун) по феродо и райбесту	0,25—0,45	
Точильный камень из мелкозернистого песчаника по железу		1
» стали		0,94
» чугуну		0,72
Чугун по дубу	0,65	0,3—0,5
» » стали	0,33	0,13 ($v=20$ м/с)
» » чугуну		0,15
Металл по асботекстолиту	0,35—0,50	
Алюминий по алюминию	0,94	
Олово по свинцу	2,25	
Бронза по бронзе	0,1	0,07—0,10
Дерево по дереву (в среднем)	0,20	0,07—0,15
Дуб по дубу (вдоль волокон)	0,11	0,075
Металл по металлу (в среднем)	0,15	0,07—0,09
» » дереву (в среднем)	0,11	0,1
Подшипники скольжения		0,02—0,08
Резина по чугуну		0,5
Ремень кожаный по чугунному шкиву	0,12—0,15	0,15
Сталь по бронзе	0,10—0,15	0,07—0,15
» » стали	0,11—0,12	0,05—0,10
» » чугуну		0,05—0,15
Чугун по чугуну	0,16	0,08—0,10
Кожа по чугуну	0,15	0,15

71. Коэффициент трения скольжения подшипников в буксах вагонов

При трогании с места	0,012—0,020
» скорости 20 км/ч	0,004—0,010
» » 40—50 км/ч	0,003—0,008
» » 80—100 км/ч	0,004—0,010

Примечание. Коэффициент трения скольжения подшипников в буксах вагонов зависит от скорости движения, а также от нагрузки на ось и густоты смазки. Первые цифры соответствуют малым давлениям на ось и густым смазкам, вторые — большим давлениям и жидким смазкам. При роликовых подшипниках коэффициент трения почти не зависит от скорости вагона, поэтому они дают наибольшую выгоду при трогании с места, особенно в холодное время года и при малых скоростях, т. е. при тех условиях, когда обычные подшипники скольжения имеют наибольший коэффициент трения.

72. Коэффициент трения качения, см

Колесо со стальным бандажом по стальному рельсу	0,05
Мягкая сталь по стали	0,005
Деревянный каток по дереву	0,05—0,08
Стальное колесо по дереву	0,15—0,25
Дерево по стали	0,03—0,04
Подшипник качения (шарикоподшипник)	0,001—0,004*
» » (роликоподшипник)	0,0025—0,01*
Шарик из закаленной стали по стали	0,0005—0,001

73. Коэффициент сцепления движителя с дорожным покрытием

В таблицах приведены значения коэффициента сцепления *c* соответственно для шин автомобилей, движителей тракторов, колес локомотивов. Коэффициент сцепления определяется трением скольжения между движителем и дорогой.

Дорожное покрытие	*c* для шин автомобилей
Асфальт сухой	0,5—0,7
» мокрый	0,35—0,45
Бетон сухой	0,9—1,0
» мокрый	0,8—0,9
Булыжник и брусчатка сухие	0,4—0,5
» » » мокрые	0,3—0,4
Гладкий лед	0,15—0,20
Грунтовая дорога сухая	0,4—0,5
» » мокрая	0,3—0,4
Деревянные торцы сухие	0,5—0,7
» » мокрые	0,3—0,4
Песчаная дорога сухая	0,6—0,7
» » мокрая	0,5—0,6

* Меньшие значения относятся к более точным подшипникам и к смазкам малой вязкости.

Состояние грунта	c	
	тракторного гусеничного движителя (гусениц)	тракторного колесного движителя (баллонов)
Крепкая, плотная дернина	1,0—1,2	0,7
Скошенный влажный луг	0,8—0,9	0,6
Стерня суглинистая после дождя	0,5—0,7	0,6
Стерня-супесь	0,7—0,9	0,6
Свежевспаханное поле	0,6—0,8	0,4—0,5
Пахота после дождя	0,4—0,6	0,3
Глубокая грязь	0,4—0,5	0,1
Укатанная снежная дорога	0,6—0,8	0,3
Песок влажный	0,6	0,4
» сухой	0,4—0,5	0,3
Асфальт	...	0,7

	c для колес локомотива и рельсов
При трогании с места и при очень малых скоростях (чистые, сухие рельсы)	0,20—0,25
То же, но мокрые грязные рельсы	0,15
Среднее эксплуатационное значение	0,20—0,22

74. Среднее значение коэффициента сопротивления качению*)

В таблицах приведены значения коэффициента сопротивления качению для автомобилей, мотоциклов и тракторов.

Тип дороги и ее состояние	Коэффициент сопротивления качению	
	для автомобилей	для мотоциклов
Бетонное хорошее шоссе	0,012—0,015	0,012—0,015
Асфальтированное шоссе в отличном состоянии	0,015—0,018	0,014—0,017
То же в удовлетворительном состоянии	0,018—0,020	0,020—0,025
Каменная (булыжная) мостовая	0,023—0,030	0,016—0,020
Грунтовая дорога сухая, укатанная	0,025—0,035	0,020—0,025
» » после дождя	0,05—0,15	0,050—0,060
Песчаная дорога сухая	0,10—0,30	0,15—0,30
» » влажная	0,08—0,10	
Снежная дорога	0,025—0,035	

* На силу сопротивления качению автомобилей, мотоциклов, тракторов, поездов влияет трение качения колес, трение в осях и др. Для упрощения тяговых расчетов, связанных с движением транспортных машин, на практике пользуются коэффициентом сопротивления качению, объединяющим все виды трения. Коэффициент сопротивления качению показывает, какую часть от силы тяжести экипажа составляет сила тяги, приложенная к экипажу при его равномерном движении по горизонтальной дороге.

Почва	Коэффициент сопротивления качению	
	колесные тракторы на баллонах	гусеничные тракторы
Грунтовая, сухая дорога	0,03—0,05	0,05—0,07
Целина, плотная залежь	0,05—0,07	0,06—0,07
Залежь 2-3-летняя, луг	0,06—0,08	0,06—0,07
Стерня	0,08—0,10	0,07—0,08
Боронованное или культивированное поле	0,16—0,18	0,08—0,10
Укатанная снежная дорога	0,03	0,06
Луг влажный	0,08	0,07
Слежавшаяся пахота	0,12	0,08
Свежевспаханное поле	0,18	0,10—0,12

Примечание. Для железнодорожного состава (локомотив плюс вагоны) коэффициент сопротивления качению равен в среднем 0,0016—0,0080.

75. Механические свойства некоторых нитевидных кристаллов*

Нитевидные кристаллы	Предел прочности		Модуль упругости	
	ГПа	кгс/мм²	ГПа	кгс/мм²
Металлические				
Медь	3	300	126	12 600
Никель	4	400	216	21 600
Железо	13	1300	200	20 000
Хром	9	900	250	25 000
Керамические				
Графит	21	2100	1000	100 000
Оксид бериллия (BeO)	14	1400	700	70 000
Карбид бора (B_4C)	7	700	500	50 000
Карбид кремния (SiC)	11	1100	870	87 000

Примечание. Технически чистое железо при температуре 20 °С имеет предел прочности 0,25—0,30 ГПа (25—30 кгс/мм²), тогда как для усов железа он составляет 12—13 ГПа (1200—1300 кгс/мм²), что близко к теоретическому пределу прочности.

* Прочность кристаллов разделяется на техническую (реальную), определяемую при испытаниях на растяжение, и теоретическую, которая оценивается расчетным путем без учета существования дислокаций в кристаллах. Сопоставление экспериментальных и расчетных значений прочности металлов и сплавов показывает, что теоретическая прочность обычно на 2—3 порядка выше технической. Такое значительное расхождение объясняется существованием в металлических кристаллах различных несовершенств, главным образом дислокаций. Один из способов повышения технической прочности — получение кристаллов, в которых практически отсутствуют дислокации. Примером бездислокационных кристаллов мугут служить тонкие (в несколько микрометров) нитевидные кристаллы (усы), выращиваемые из паров различных металлов и химических соединений. Прочностные качества таких усов близки к теоретическим.

76. Модуль упругости (модуль Юнга) E различных материалов (при $t = 20$ °C)

Материал	E	
	ГПа	кгс/мм²
Алюминий	70—71	7000—71 000
Бакелит	4,3	430
Бетон	14,6—23,2	1460—2320
Бор	450	45 000
Бронза оловянная	75—124	7500—12 400
Винипласт	4	400
Вольфрам	415	41 500
Гетинакс	10—18	1000—1800
Гранит	49	4900
Дуралюмин	71	7100
Железо	190—210	19 000—21 000
Золото	79	7900
Инвар	140	14 000
Иридий	528	52 800
Капрон	1,4—2,0	140—200
Кварцевая нить плавленная	73	7300
Кетгут*	3	300
Кирпичная кладка	2,7—3,0	270—300
Кобальт	208	20 800
Константан	163	16 300
Латунь алюминиевая	100—105	10 000—10 500
Лед (при $t = -4$ °C)	10	1000
Магний	44,3	4430
Манганин	126	12 600
Медь	105—130	10 500—13 000
Молибден	458	45 800
Мрамор	56—73	5600—7300
Нейзильбер	116	11 600
Никель	205	20 500
Органическое стекло	2,9—4,1	290—410
Паутина	3	300
Платина	170	17 000
Платиноиридиевый сплав	210	21 000
Полихлорвинил	0,4—1,0	40—100
Резина	0,9	90
Ртуть (при $t = -40$ °C)	103	10 300
Свинец	16—17	1600—1700
Серебро	70—82	7000—8200
Сталь легированная	210—220	21 000—22 000
Сталь углеродистая	200—210	20 000—21 000
Стекло	50—60	5000—6000
Тантал	192	19 200
Текстолит	6,0—10,0	600—1000
Титан	112	11 200
Уран	208	20 800
Фторопласт-4	0,46—0,83	46—83
Хлопок	12	1200
Хром	240—250	24 000—25 000

* Кетгут — нити, изготовляемые из кишок мелкого рогатого скота. Применяются в качестве струн в музыкальных инструментах, теннисных ракетках и др.

Материал	*E*	
	ГПа	кгс/мм²
Целлулоид	1,4—2,7	140—270
Цинк	80	8000
Цирконий	97	9700
Чугун серый, белый	115—160	11 500—16 000
Шелковая нить	13	1300
Шерсть	6	600
Эбонит	3,1	310

Примечание. Значение модуля упругости *E* зависит от структуры и химического состава материала, от способа его обработки. Поэтому в некоторых случаях значения *E* могут отличаться от средних значений, приведенных в таблице.

77. Композиционные материалы (композиты)

Ниже в таблице *а* приведены некоторые физические свойства материалов, применяемых для армирования* композитов, а в таблице *б* — физические свойства некоторых композитов.

а

Материал	Температура плавления, °C	Плотность, кг/м³	Предел прочности, МПа	Модуль Юнга, ГПа
Нитевидный кристалл (см. табл.)				
Волокно:				
борное	2040	2630	2500—3500	380—420
углеродное	3000	1700	2000—3000	200—300
карбида кремния	2854	3210	2000—4000	300—460
Проволока:				
бериллиевая	1284	1840	1000—1300	290
титановая	1668	4500	1500—2000	120
вольфрамовая	3400	19 300	4200	400

б

Материал		Плотность, кг/м³	Предел прочности, МПа	Модуль Юнга, ГПа
волокно	матрица			
Бор	Алюминиевый сплав	2770	1100—1200	220—240
Бор	Магний	1960	880—920	195—223
Молибденовая проволока	Титановый сплав	6250	1400	200

* Композиты состоят из матрицы (металлической или неметаллической основы) и армирующих элементов (наполнителей). В качестве матрицы применяются: полимерные, металлические, углеродные или керамические материалы. Армирующие элементы могут состоять из нитевидных кристаллов, волокон или проволоки. Нитевидные кристаллы изготовляют из оксида алюминия, карбида кремния и др., волокна — из карбида кремния борного, углеродного, стеклянного волокна, проволоку — из бериллия, титана, вольфрама.

Композиты имеют свойства, которыми не обладает ни один из компонентов, взятый в отдельности. По прочности, жесткости и другим свойствам они превосходят обычные конструкционные материалы.

78. Модуль упругости и предел прочности древесины

В таблице приведены средние значения модуля упругости E и предела прочности $\sigma_{пч}$ при растяжении и сжатии (вдоль волокон) некоторых пород древесины (при влажности древесины 15%).

Древесная порода	E, ГПа (кгс/мм²)		$\sigma_{пч}$, ГПа (кгс/мм²)	
	при растяжении	при сжатии	при растяжении	при сжатии
Береза	18,1 (1810)	15,8 (1580)	161,0 (16 100)	46,5 (4650)
Дуб	14,1 (1400)	14,0 (1400)	113,5 (11 350)	51,0 (5100)
Ель	14,3 (1430)	14,2 (1420)	100,5 (10 050)	39,0 (3900)
Лиственница	14,5 (1450)	14,0 (1400)	122,5 (12 250)	55,0 (5500)
Ольха	11,9 (1190)	12,8 (1280)	96,5 (9 650)	38,5 (3850)
Осина	15,4 (1540)	12,6 (1260)	120,0 (12 000)	37,5 (3750)
Сосна	11,7 (1170)	11,7 (1170)	101,0 (10 100)	41,5 (4150)
Тополь	12,2 (1220)	13,7 (1370)	87,0 (8 700)	34,5 (3450)
Ясень	14,0 (1400)	15,0 (1500)	139,0 (13 900)	50,0 (5000)

79. Допускаемые механические напряжения в некоторых материалах (ориентировочные значения)

Материал	Допускаемое напряжение, ГПа (кгс/мм²)	
	на растяжение	на сжатие
Алюминий	0,03—0,08 (3—8)	0,03—0,08 (3—8)
Бетон	0,0003—0,0015 (0,03—0,15)	0,0010—0,0020 (0,1—0,2)
Гетинакс	0,05—0,07 (5—7)	0,05—0,07 (5—7)
Дуб вдоль волокон	0,009—0,013 (0,09—1,30)	0,013—0,015 (1,30—1,50)
Дуралюмин	0,08—0,15 (8—15)	0,08—0,15 (8—15)
Кирпичная кладка	до 0,0002 (до 0,02)	0,0006—0,0025 (0,06—0,25)
Латунь	0,07—0,14 (7—14)	0,07—0,14 (7—14)
Медь	0,03—0,12 (3—12)	0,03—0,12 (3—12)
Сосна вдоль волокон	0,007—0,010 (0,7—1,0)	0,010—0,012 (1,0—1,2)
Сталь Ст3	0,16 (16)	0,16 (16)
Сталь легированная конструкционная	0,10—0,4 (10—40)	0,10—0,4 (10—40)
Сталь углеродистая конструкционная	0,06—0,25 (6—25)	0,06—0,25 (6—25)
Текстолит	0,03—0,04 (3—4)	0,03—0,04 (3—4)
Чугун серый	0,028—0,080 (2,8—8,0)	0,12—0,15 (12—15)

80. Предел прочности $\sigma_{пч}$ некоторых материалов при растяжении (ориентировочные значения)

Материал	$\sigma_{пч}$	
	ГПа	кгс/мм²
Алюминий	0,05—0,115	5,0—11,5
Бакелит	0,02—0,03	2—3
Бетон прочный	0,048	4,8
Бор	1,62—2,46	162—246
Бронза	0,20—0,60	4—6
Винипласт	0,04—0,06	4—6
Вольфрам	1,05—4,21	105—421
Гетинакс	0,15—0,17	15—17
Гранит	0,12—0,26	12—26
Дуралюмин	0,18—0,50	18—50
Железо	0,17—0,21	17—21
Золото	0,14	14
Инвар	0,78	78
Капрон	0,055—0,080	5,5—8,0
Кирпич	0,007—0,030	0,7—3,0
Константан	0,45—0,55	45—55
Лавсан	0,012—0,020	1,2—2,0
Латунь	0,30—0,60	30—60
Лед	≈0,001	≈0,1
Лен	0,35	35
Манганин	0,50—0,55	50—55
Мрамор	0,10—0,18	10—18
Нихром	0,65—0,70	65—70
Органическое стекло	0,045—0,055	4,5—5,5
Паутина	0,18	18
Платина	0,15—0,17	15—17
Полистирол	0,035—0,060	3,5—6,0
Полиэтилен	0,012—0,040	1,2—4,0
Серебро	0,14	14
Сталь Ст3	0,38—0,47	38—47
Сталь легированная хромистая	0,80	80
Сталь рельсовая	0,70—0,80	70—80
Сталь хромоникелемолибденовая	1,0	100
Стекло	0,06—0,12	6—12
Струна рояльная	1,86—2,33	186—233
Тантал	0,35—1,50	35—150
Текстолит	0,085—0,100	8,5—10,0
Титан	0,56—0,88	56—88
Фехраль	0,70	70
Фторопласт-4	0,020—0,025	2,0—2,5
Хлопок	0,38	38
Хлопчатобумажное волокно	0,45	45
Целлулоид	0,05—0,07	5—7
Цинк	0,13—0,20	13—20
Цирконий	0,30—0,50	30—50
Чугун серый	0,65—1,30	65—130
Шелковая нить	0,26	26
Шерсть	0,11	11
Эбонит	0,03—0,05	3—5

Примечание. Предел прочности $\sigma_{пч}$ зависит от структуры и химического состава материала, от способа его обработки. Поэтому в отдельных случаях значения $\sigma_{пч}$ могут отличаться от средних значений, приведенных в таблице.

81. Твердость металлов и древесины

Твердость — сопротивление материала вдавливанию — определяется различными методами и измеряется числом твердости.

В таблицах приведены числа твердости НВ металлов и некоторых пород древесины влажностью 15%. Числа твердости определены по методу Бринелля* и относятся к температуре 20 °С.

Твердость не является физической постоянной, а представляет собой сложное свойство, зависящее от состава и структуры материала, его термической и механической обработки, температуры. Поэтому приводимые в таблице значения чисел твердости следует рассматривать как ориентировочные.

Металл	Число твердости НВ	Металл	Число твердости НВ	Металл	Число твердости НВ
Алюминий . .	20—35	Магний	25	Свинец	4—6
Висмут . . .	9	Марганец	210	Серебро	25
Вольфрам . .	350	Медь	35	Сурьма	30—60
Железо . . .	50	Молибден	125	Тантал	70
Золото . . .	18	Натрий	0,07	Торий	40
Индий	1	Никель	60—80	Титан	130—150
Иридий . . .	170	Ниобий	120	Хром	70—100
Калий	0;037	Олово	5	Цезий	0,015
Кальций . . .	20—30	Осмий	400	Цинк	30—42
Кобальт . . .	125	Платина	25	Цирконий . . .	120

Древесная порода	Число твердости НВ	Древесная порода	Число твердости НВ	Древесная порода	Число твердости НВ
Береза тц** .	4,1	Ель тц	2,2	Рябина тц . . .	5,6
Береза бк** .	3,0	Ель бк	1,8	Сосна тц	2,5
Граб тц . . .	8,0	Железное дерево тц	9,0	Сосна бк	2,3
Граб бк . . .	6,2	Каштан тц	3,0	Тополь тц . . .	2,0
Груша тц . .	7,3	Осина тц	2,5	Тополь бк . . .	1,7
Груша бк . .	5,3	Осина бк	1,8	Яблоня тц . . .	6,3
Дуб тц . . .	6,2			Ясень тц	7,6
Дуб бк . . .	4,9				

* По методу Бринелля, получившему широкое практическое применение, в поверхность испытываемого образца вдавливается стальной закаленный шарик диаметром 10 мм под действием нагрузки 30 кН (3000 кгс); время действия нагрузки 30 с. Число твердости определяется отношением нагрузки к площади поверхности отпечатка.

** Твердость древесины вдоль и поперек волокон неодинакова, и буквами «тц» и «бк» обозначены соответственно торцевая и боковая твердость.

82. Минералогическая шкала твердости

Для оценки твердости тел часто применяют десятибалльную шкалу твердости, предложенную в 1811 г. немецким минералогом Ф. Моосом, которая представляет собой последовательность десяти минералов различной твердости, расположенных в порядке ее возрастания. Твердость каждого из этих минералов условно принята за стандартную (эталонную) величину.

Название минерала	Твердость, условные единицы	Название минерала	Твердость, условные единицы
Тальк	1	Полевой шпат (ортоклаз)	6
Гипс (или каменная соль)	2	Кварц	7
Известковый шпат (кальцит)	3	Топаз	8
Плавиковый шпат	4	Корунд	9
Апатит	5	Алмаз	10

Определение твердости по условной десятибалльной шкале Мооса основано на том, что испытуемый образец царапают последовательно минералами-эталонами и определяют, какой из них первым оставляет на поверхности образца царапину. Таким образом, всегда можно установить, что образец по твердости или отвечает одному из эталонов, или лежит в промежутке между двумя соседними эталонами.

Примечание. Приближенные значения твердости некоторых химических элементов и минералов по десятибалльной минералогической шкале см. в табл. 83.

83. Твердость химических элементов и минералов по минералогической шкале

Элемент или минерал	Твердость, условные единицы	Элемент или минерал	Твердость, условные единицы	Элемент или минерал	Твердость, условные единицы
Алюминий	2,8	Кремний	6,5	Серебро	2,5
Барий	1,2	Литий	0,6	Слюда	2,0—3,0
Бериллий	5,5	Магнезит	3,5—4,5	Стронций	1,5
Бор	9,3	Магний	2,5	Сурьма	3,0
Ванадий	7,0	Марганец	6,0	Таллий	1,2
Висмут	2,2	Медь	3,0	Тантал	6,5
Вольфрам	7,5	Молибден	5,5	Теллур	2,2
Гафний	5,5	Мышьяк	3,5	Титан	6,0
Германий	6,0	Натрий	0,5	Торий	3,0
Графит	0,5	Никель	4,0	Турмалин	7,0—8,0
Доломит	3,5—4,0	Ниобий	6,0	Углерод (алмаз)	10,0
Железо	4,0	Олово	1,5		
Золото	2,5	Опал	5,5—6,5	Уран	6,0
Индий	1,2	Осмий	7,0	Хром	8,5
Иридий	6,5	Платина	3,5	Цезий	0,2
Кадмий	2,0	Рубидий	0,3	Церий	2,5
Калий	0,4	Свинец	1,5	Цинк	2,5
Кальций	1,8	Селен	2,0	Цирконий	5,0
Кобальт	5,0	Сера	2,0		

84. Поверхностное натяжение жидкостей

Значения поверхностного натяжения σ жидкостей указаны при температуре 20 °C (если температура не указана особо) на границе жидкости с воздухом.

Жидкость	σ, мН/м	Жидкость	σ, мН/м
Анилин	42,9	Нефть	30
Аммиак (20%-ный раствор)	59,3	Парафин расплавленный (при $t=54$ °C)	30,6
Ацетон	23,7	Пероксид водорода	76
Белок куриного яйца	52,7	Раствор сахара в воде (20%-ный)	76,5
Бензин авиационный (при $t=10$ °C)	21	Раствор сахара в воде (63%-ный)	79,6
Бром	41,5	Раствор сахара в воде (5%-ный)	74,0
Бензол	28,9	Раствор сахара в воде (10%-ный)	75,7
Вода	72,75	Ртуть	472
Вода тяжелая	67,8	Скипидар	28,8
Воск расплавленный (при $t=68$ °C)	33,3	Сливки (22% жирности)	45,4
Гидроксид натрия (30%-ный раствор)	95,1	Спирт метиловый (при $t=0$ °C)	24,5
Глицерин	63	Спирт метиловый	22,6
Керосин	24	Спирт этиловый (при $t=0$ °C)	24,1
Кислота азотная (70%)	59,4	Спирт этиловый	22,0
» серная (85%)	57,6	Спирт этиловый (при $t=60$ °C)	18,4
» соляная конц.	70,7	Толуол	28,5
Масло вазелиновое	31,8	Фреон-12	9,0
» касторовое	36,4	Хлороформ	27,1
Медный купорос (25%-ный раствор)	74,1	Эфир этиловый	17,0
Мыльный раствор	40	Кровь (при $t=37$ °C)	45,4
Молоко цельное (при $t=5$ °C)	47,2		
Молоко цельное	45,9		
» » (при $t=60$ °C)	41,2		

85. Поверхностное натяжение σ воды на границе с воздухом при различной температуре *t*

t, °C	σ, мН/м (или дин/см)	*t*, °C	σ, мН/м (или дин/см)	*t*, °C	σ, мН/м (или дин/см)
0	75,62	15	73,48	24	72,12
5	74,90	16	73,34	25	71,96
6	74,76	17	73,20	30	71,15
8	74,48	18	73,05	40	69,55
10	74,20	19	72,89	50	67,90
11	74,07	20	72,75	60	66,17
12	73,92	21	72,60	70	64,41
13	73,78	22	72,44	80	62,60
14	73,64	23	72,28	90	60,74
				100	58,84

86. Поверхностное натяжение σ некоторых металлов в жидком состоянии

Металл	Температура, °C	σ, мН/м	Металл	Температура, °C	σ, мН/м
Алюминий . . .	700	840	Ртуть	20	472
Железо	1550	1865	»	100	456
Золото	1130	1102	»	300	405
Калий	100—150	86	Свинец	350	442
Магний	681	563	»	500	431
Медь	1083	1350	»	1000	401
Натрий	100	222	Серебро	962	930
»	250	211	Цинк	470	772
Олово	250	575	»	635	728
»	600	505			

87. Поверхностное натяжение σ сжиженных газов

Сжиженный газ	Температура		σ, мН/м
	K	°C	
Азот	70,1	—203,1	10,53
»	90,1	—183,1	6,16
Аммиак	223	—50	37,95
»	253	—20	31,0
»	273	0	26,55
»	293	20	22,0
Аргон	85,1	—188,1	13,2
»	90,1	—183,1	11,9
Водород	15,1	—258,1	2,83
»	20,1	—253,1	1,98
Воздух	82,7	—190,5	12,2
Гелий	1,3	—271,9	0,12
»	2,2	—271,0	0,07
Метан	93	—180	18,0
»	113	—160	13,7
Неон	24,8	—248,4	5,61
»	28,3	—244,9	4,44
Оксид углерода (II)	70,1	—203,1	12,11
То же	85,1	—188,1	8,74
Оксид углерода (IV)	221,0	—52,2	16,54
То же	273	0	4,62
» »	293	20	1,37
Пропан	143	—130	27,8
»	233	—40	15,15
Сероводород	189,1	—84,1	33,42
»	110,9	—62,3	28,78
Фтор	63	—210	13,6
»	83	—190	10,2
Хлор	201	—72	33,0
»	243	—30	25,4
»	293	20	18,4
Этан	113	—160	28,08
»	183	—90	16,31

88. Динамическая вязкость μ газов и паров при различной температуре и нормальном атмосферном давлении

Газ или пар	μ, мкПа·с				
	при температуре				
	0 °С	20 °С	50 °С	100 °С	200 °С
Азот	16,5	17,5	18,8	20,8	24,6
Аммиак	9,3	10,0	11,1	12,8	16,5
Ацетилен	9,4	10,2	11,1	12,5	...
Аргон	21,0	22,1	24,1	26,9	32,1
Водород	8,5	8,8	9,4	10,3	12,1
Водяной пар насыщенный	8,8	...	10,7	12,4	16,1
Воздух	17,1	18,2	19,6	21,2	25,1
Гелий	18,8	19,6	20,8	22,9	26,9
Кислород	19,2	20,2	21,8	24,4	29,0
Криптон	23,3	24,6	26,9	30,6	37,2
Ксенон	21,1	22,6	24,7	28,2	34,9
Метан	10,4	10,9	11,8	13,3	16,0
Неон	28,9	31,1	33,1	36,5	42,5
Оксид углерода (IV)	13,7	14,6	16,0	18,3	22,5
Оксид углерода (II)	16,6	17,5	18,8	20,8	24,6
Ртуть (пары)	...	...	...	...	45,0
Спирт этиловый (пары)	7,8	8,3	9,3	10,9	13,7
Хлор	12,3	13,3	14,7	16,8	20,9

89. Динамическая вязкость μ некоторых газов при низких температурах и нормальном атмосферном давлении

Температура		Аргон	Гелий	Кислород	Неон	Оксид углерода (II)
К	°С	μ, мкПа·с				
80	—193	6,9	8,2	...	12,0	5,3
100	—173	8,4	9,5	7,6	14,3	6,7
140	—133	11,5	11,8	10,8	18,4	9,2
180	—93	14,5	14,0	13,5	22,0	11,5
200	—73	15,9	15,0	14,8	23,8	12,7
240	—33	18,8	16,9	17,2	27,1	14,9

90. Динамическая вязкость μ и текучесть σ воды при различной температуре *t*

t, °C	μ, мкПа·с	σ, $Па^{-1}·с^{-1}$	*t*, °C	μ, мкПа·с	σ, $Па^{-1}·с^{-1}$
0	1788,0	559,2	50	549,4	1820,0
5	1518,8	658,4	60	468,8	2133,3
10	1307,7	764,4	70	406,1	2462,6
15	1140,4	876,9	80	356,5	2805,3
18	1055,9	947,1	90	316,5	3159,2
19	1029,9	971,0	100	283,8	3523,0
20	1004,0	996,0	150	186,3	5367,7
21	981,0	1019,4	200	136,3	7336,7
22	957,9	1044,0	250	109,8	9107,5
23	935,8	1068,6	300	91,2	10964,9
24	914,2	1093,8	350	72,6	13774,1
25	893,7	1119,1	370	57	17544
30	800,7	1248,9	374,15	4	$2,50·10^5$
40	656,0	1524,5			

91. Динамическая вязкость μ жидкостей при различной температуре *t*

Жидкость	*t*, °C	μ, мкПа·с	Жидкость	*t*, °C	μ, мкПа·с
Анилин	0	10 200	Мед	20	$650·10^4$
»	20	4 400	»	80	$100·10^3$
»	100	800	Молоко цельное . . .	5	2 960
Ацетон	−20	513	» »	20	1 790
»	0	395	» »	80	570
»	20	322	Молоко сгущенное с сахаром	20	$1245·10^3$
Бензин	0	1 788	Раствор сахара в воде (20%-ный) . . .	20	1 960
»	18	530	Раствор спирта этилового в воде (20%-ный)	20	2 183
Бензол	0	910	Ртуть	−20	1 855
»	20	650	»	0	1 685
Вода	0	1 788	»	20	1 554
»	20	1 004	»	100	1 240
Глицерин	−20	$134·10^6$	»	200	1 052
»	0	$121·10^5$	Рыбий жир	20	45 600
»	20	$1499·10^3$	» »	80	4 600
»	100	12 945	Сливки (жирностью 40%)	20	6 900
»	200	216	То же	80	2 900
Керосин	20	1800—1900	Спирт этиловый	−20	2 780
Кровь	20	4 500	» »	0	1 780
Масло касторовое . . .	10	$242·10^4$	» »	20	1 190
Масло машинное СУ	0	$240·10^5$	Эфир этиловый	0	296
Масло подсолнечное	20	50 000	» »	20	243
» »	100	2 770			
Масло трансформаторное	20	19 800			

92. Динамическая вязкость μ некоторых материалов в расплавленном состоянии

	Температура, °C	μ, мкПа·с		Температура, °C	μ, мкПа·с
Алюминий	661	1190	Натрий	700	182
»	900	920	Нафталин	80,3	890
Висмут	303	1549	»	150	217
»	697	925	Олово	232	1810
Гидроксид натрия . .	400	2800	»	800	890
Железо	1580	6560	»	1300	740
»	1860	6200	Свинец	400	2170
Золото	1100	5130	»	500	1810
»	1300	4240	»	900	1230
Магний	651	1320	Серебро	1020	3690
»	900	670	»	1190	2890
Медь	1165	3600	»	1420	2180
»	1550	2460	Хлорид натрия . . .	900	1017
Натрий	103,5	686			

93. Динамическая вязкость μ некоторых твердых веществ

Вещество	Температура, °C	μ, мкПа·с	Вещество	Температура, °C	μ, мкПа·с
Алюминий . . .	9	$7{,}5\cdot10^{18}$	Олово	9	$2{,}4\cdot10^{15}$
Канифоль . . .	20	$6{,}0\cdot10^{15}$	Свинец	9	$4{,}7\cdot10^{14}$
Лед	—14	$8{,}5\cdot10^{16}$	Сургуч	19	$1{,}1\cdot10^{11}$
»	0	$1{,}0\cdot10^{16}$	Цинк	9	$3{,}3\cdot10^{16}$

94. Соотношения между единицами динамической вязкости

Единицы динамической вязкости	Па·с	П	сП	мП	мкП	кгс·с/м²	мкПа·с
1 Па·с (1 кг/(м·с))	1	10	10^3	10^4	10^7	0,102	10^6
1 П (1 дин·с/см²)	0,1	1	100	10^3	10^6	$1{,}02\cdot10^{-2}$	10^5
1 сП	10^{-3}	10^{-2}	1	10	10^4	$1{,}02\cdot10^{-4}$	10^3
1 мП	10^{-4}	10^{-3}	0,1	1	10^3	$1{,}02\cdot10^{-5}$	10^2
1 мкП	10^{-7}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-3}	1	$1{,}02\cdot10^{-8}$	0,1
1 кгс·с/м²	9,81	98,1	$9{,}81\cdot10^3$	$9{,}81\cdot10^4$	$9{,}81\cdot10^7$	1	$1{,}02\cdot10^5$
1 мкПа·с	10^{-6}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-2}	10	$9{,}81\cdot10^{-6}$	1

95. Сжимаемость твердых тел

В таблице приведены средние значения изотермического коэффициента сжимаемости k в диапазоне давлений 10—15 МПа ($\approx$100—500 атм) для некоторых твердых тел при температуре 20 °C.

Твердое тело	k, 10^{-11} Па$^{-1}$	Твердое тело	k, 10^{-11} Па$^{-1}$	Твердое тело	k, 10^{-11} Па$^{-1}$
Алюминий . . .	1,4	Магний	2,8	Серебро	1,0
Висмут	3,0	Марганец . . .	0,9	Стекло	2,1
Вольфрам . . .	0,3	Медь	0,7	Углерод (алмаз)	0,2
Железо	0,6	Молибден . . .	0,5	Углерод (графит)	3,0
Золото	0,6	Натрий	15,8	Фосфор (белый)	20,5
Калий	32,0	Никель	0,5	Фосфор (красный)	9,2
Кальций	5,8	Олово	1,9	Хром	0,9
Каменная соль	4,1	Платина	0,4	Цезий	62,0
Кремний	0,3	Свинец	2,3	Цинк	1,7
Литий	9,0	Сера	13,0		

96. Мощность тепловых двигателей некоторых машин и установок

	кВт	л. с.		кВт	л. с.
Веломотор Д-1 . . .	0,7	1	«Чайка» (ГАЗ-14) .	161,8	220
Мопед «Рига-13» . .	0,9	1,3	ЗИЛ-4104	231,8	315
» «Верховина-7»	1,6	2,2	*Автомобили грузовые:*		
Мотороллер «Турист-М» . . .	8,8	12	ГАЗ-52-04, ГАЗ-52-07	55,2	75
Мотоцикл ММВЗ-3.1121 . .	8,8	12	УАЗ-3303	57	77
«Восход-3М» . .	10,8	14	ГАЗ-53-12	88	120
«Ява-350»	14,7	20	ЗИЛ-ММЗ-555, ЗИЛ-130	110	150
«Иж-Планета-5» .	16	22	КамАЗ-5320	154	210
Автомобили легковые:			КрАЗ-260	220,6	300
«Ока»	22	30	Самосвалы БелАЗ-548А . . .	367,7	500
ЛуАЗ-969	29,4	40	БелАЗ-7519 . . .	1690	2300
«Запорожец-968М» .	30,2	41	*Автобусы:*		
«Запорожец-1102» .	37,5	51	РАФ-2203	70	95
ВАЗ-2101, -2102, -2108	47	64	ЛАЗ-4202	122	180
ВАЗ-2105	50,7	69	ЛиАЗ-5256	144	195
«Москвич Иж-2151», «Москвич-2140», УАЗ-469	55,2	75	*Тракторы:*		
«Москвич-2141» . .	56	76	Мотоблок МТЗ-05	3,7	5
ВАЗ-2103, ВАЗ-2107	56,6	77	Шасси Т-16М . . .	14,7	20
ВАЗ-2106, «Нива» .	58,8	80	Т-25А	18,4	25
ГАЗ-24-10	74	100			
ГАЗ-3102	77,2	105			

	кВт	л. с.
МТЗ-80	59	80
МТЗ-100	77	104
Т-150	110	150
ДТ-175С	121	165
К-701	220	300
Комбайны зерноуборочные:		
«Сибиряк»	73,6	100
«Нива»	103	140
«Колос»	110	150
«Дон-1500»	162	220
Самолеты:		
Ан-2	735	1000
Ил-14М	2800	3800
Ан-24	3750	5100
Ил-18Д	12 500	17 000
Ил-62 (при скорости полета 900 км/ч)	30 600	41 600
Ан-22 («Антей»)	44 100	60 000
Самолеты периода Великой Отечественной войны:		
Истребители Як-3, Як-9	912	1240
Истребитель МиГ-3	993	1350
Штурмовик Ил-2	1290	1750
Истребитель Ла-5	1360	1850
Бомбардировщик Ту-2	2700	3700
Теплоходы:		
Теплоход на подводных крыльях «Ракета»	880	1200
Океанские пассажирские теплоходы «Александр Пушкин», «Иван Франко»	15 450	21 000
Подвесные лодочные моторы:		
«Ветерок-8	5,8	8
«Ветерок-12»	8,8	12
«Вихрь-20»	14,7	20
«Москва-30»	22	30
Тепловозы:		
ТЭМ7	1470	2000
ТЭ10М, ТЭП60	2200	3000
Т116	2250	3060
ТЭП70	2940	4000
Ракеты-носители (суммарная мощность двигателей):		
«Спутник»	$1{,}5\cdot10^7$	$2\cdot10^7$
«Протон»	$4{,}5\cdot10^7$	$6\cdot10^7$
«Энергия»	$12{,}5\cdot10^7$	$17{,}0\cdot10^7$
Военные машины:		
Бронетранспортер БТР-60П	132	180
Боевая машина пехоты (БМП), тягач-АТС-59	221	300
Танк Т-34	370	500
Танк Т-72	570	780
Паровые турбины большой мощности	300 000, 360 000, 500 000, 600 000, 800 000, 1 200 000	
Атомные реакторы (тепловая мощность):		
ВВЭР-440	1 375 000	
ВВЭР-1000	3 000 000	
РБМК-1000	3 200 000	
РБМК-1500	4 800 000	

97. Сжимаемость жидкостей

В таблице приведены средние значения изотермического коэффициента сжимаемости* k некоторых жидкостей.

* Коэффициент сжимаемости k есть доля уменьшения объема тела при увеличении давления на 1 Па.

Жидкость	Интервал давлений, МПа (атм)	Температура, °C	k, 10^{-11} $Па^{-1}$
Ацетон	0,1—50 (1—500)	0	82
Бензол	0,1—0,4 (1—4)	15	87
Бром	0,1—10 (1—100)	20	64
Вода	0,1—2,5 (1—25)	0	52
»	0,1—2,5 (1—25)	10	50
»	0,1—2,5 (1—25)	20	49
»	0,1—10 (1—100)	0	51
»	0,1—10 (1—100)	10	48
»	0,1—10 (1—100)	20	47
»	0,1—10 (1—100)	50	45
Глицерин	0,1—1,0 (1—10)	15	22
Касторовое масло	0,1—1,0 (1—10)	15	47
Керосин	0,1—1,5 (1—15)	16	77
Ртуть	0,1—50 (1—500)	23	4
Скипидар	0,1 (1)	20	78
Спирт метиловый	0,1—50 (1—500)	0	79
» этиловый	0,1—5,0 (1—50)	0	96
»	0,1—5,0 (1—50)	20	112
Толуол	0,1—0,2 (1—2)	20	91
Эфир этиловый	0,1—0,8 (1—8)	8	164

Примечания. 1. С повышением температуры k обычно возрастает (исключением является вода — ее сжимаемость минимальна при температуре около 50 °C), при увеличении давления уменьшается

2. Сжимаемость жидкостей весьма незначительна Например, под действием давления 10^5 Па 1 $м^3$ воды уменьшает объем на 50 $см^3$. Несмотря на это, сжимаемость воды важна для жизни природы, так как благодаря ей снижается уровень Мирового океана. При отсутствии сжимаемости этот уровень был бы примерно на 30 м выше существующего, что привело бы к затоплению около 4% всей площади суши.

98. Соотношения между единицами мощности

Единицы мощности	Вт	кВт	МВт	кгс·м/с	эрг/с	л с.
1 Вт	1	10^{-3}	10^{-6}	0,102	10^7	$1,36 \cdot 10^{-3}$
1 кВт	10^3	1	10^{-3}	102	10^{10}	1,36
1 МВт	10^6	10^3	1	$1,02 \cdot 10^5$	10^{13}	$1,36 \cdot 10^3$
1 кгс·м/с	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^{-6}$	1	$9,81 \cdot 10^7$	$1,33 \cdot 10^{-2}$
1 эрг/с	10^{-7}	10^{-10}	10^{-13}	$1,02 \cdot 10^{-8}$	1	$1,36 \cdot 10^{-10}$
1 л. с.	735,5	0,7355	$7,355 \cdot 10^{-4}$	75	$7,355 \cdot 10^9$	1

Примечание. 1 Вт = 0,101972 кгс·м/с = 10^{-3} кВт = 10^{-6} МВт = $1,3596 \cdot 10^{-3}$ л. с. = = 0,238846 кал/с = 0,859845 ккал/ч;
1 кВт = 10^{-3} МВт = 1000 Вт = 101,972 кгс·м/с = 1,3596 л. с = = 367 098 кгс·м/ч = 859,845 ккал/ч;
1 кгс·м/с = 9,80655 Вт (точно) = $9,80665 \cdot 10^7$ эрг/с (точно);
1 л. с. = 735,499 Вт = 75 кгс·м/с = 270 000 кгс·м/ч = 0,735 499 кВт = = 632,416 ккал/ч = $7,35499 \cdot 10^9$ эрг/с;
1 кал/с = 4,1868 Вт (точно) = $4,1868 \cdot 10^7$ эрг/с (точно) = 0,426935 кгс·м/с = = 3,6 ккал/ч = $5,6925 \cdot 10^{-3}$ л. с;
1 ккал/ч = 1,163 Вт (точно) = $1,58124 \cdot 10^{-3}$ л. с. = $1,163 \cdot 10^7$ эрг/с = = 0,27778 кал/с = 0,118593 кгс·м/с.

99. Таблица для перевода значений мощности из лошадиных сил в киловатты

1 л. с. = 0,73549875 кВт ≈ 0,73550 кВт

л. с.	л. с. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	кВт									
0	0,00000	0,73550	1,47100	2,20650	2,94200	3,67749	4,41299	5,14849	5,88399	6,61949
10	7,35499	8,09049	8,82598	9,56148	10,29698	11,03248	11,76798	12,50348	13,23898	13,97448
20	14,70998	15,44547	16,18097	16,91647	17,65197	18,38747	19,12297	19,85847	20,59396	21,32946
30	22,06496	22,80046	23,53596	24,27146	25,00696	25,74246	26,47796	27,21345	27,94895	28,68445
40	29,41995	30,15545	30,89095	31,62645	32,36194	33,09744	33,83294	34,56844	35,30394	36,03944
50	36,77494	37,51014	38,24594	38,98143	39,71693	40,45243	41,18793	41,92343	42,65893	43,39443
60	44,12992	44,86542	45,60092	46,33642	47,07192	47,80742	48,54292	49,27842	50,01392	50,74941
70	51,48491	52,22041	52,95591	53,69141	54,42691	55,16241	55,89790	56,63340	57,36890	58,10440
80	58,83990	59,57540	60,31090	61,04640	61,78190	62,51739	63,25289	63,98839	64,72389	65,45939
90	66,19489	66,93039	67,66588	68,40138	69,13688	69,87238	70,60788	71,34338	72,07888	72,81438

Примеры. 1. 45 л. с. = 33,09744 кВт ≈ 33 кВт.
2. 0,81 л. с. = 0,595754 кВт ≈ 0,60 кВт (81 л. с. = 59,5754 кВт).
3. 13 050 л. с.: 13 000 л. с. = 9561,48 кВт (13 л. с. = 9,56148 кВт) +
+ 50 л. с. = 36,77494 кВт

13 050 л. с. = 9598,25494 кВт ≈ 9598 кВт

100. Соотношения между единицами энергии (работы)

Единицы энергии (работы)	Дж	кгс·м	эрг	кал	Вт·ч	эВ
1 Дж	1	0,102	10^{7}	0,239	$2{,}78\cdot10^{-4}$	$6{,}24\cdot10^{18}$
1 кгс·м	9,81	1	$9{,}81\cdot10^{7}$	2,34	$2{,}72\cdot10^{-3}$	$6{,}12\cdot10^{19}$
1 эрг	10^{-7}	$1{,}02\cdot10^{-8}$	1	$2{,}39\cdot10^{-8}$	$2{,}78\cdot10^{-11}$	$6{,}24\cdot10^{11}$
1 кал	4,19	0,427	$4{,}19\cdot10^{7}$	1	$1{,}16\cdot10^{-3}$	$2{,}61\cdot10^{19}$
1 Вт·ч	3600	367	$3{,}60\cdot10^{10}$	860	1	$2{,}25\cdot10^{22}$
1 эВ	$1{,}60\cdot10^{-19}$	$1{,}63\cdot10^{-20}$	$1{,}60\cdot10^{-12}$	$3{,}83\cdot10^{-20}$	$4{,}45\cdot10^{-23}$	1

Примечание. 1 Дж = 1 Вт·с = $2{,}77778\cdot10^{-4}$ Вт·ч = $2{,}77778\cdot10^{-7}$ кВт·ч = 0,238846 кал = $2{,}38846\cdot10^{-4}$ ккал = 0,101972 кгс·м = $3{,}77673\cdot10^{-7}$ л. с.·ч = 10^{7} эрг = $6{,}2419\cdot10^{18}$ эВ;

1 кгс·м = 10^{5} гс·см = 10^{-3} тс·м = 9,80665 Дж (точно) = $9{,}80665\cdot10^{7}$ эрг = $2{,}72407\cdot10^{-6}$ кВт·ч = $3{,}70370\cdot10^{-6}$ л. с.·ч = 2,34228 кал = $2{,}34228\cdot10^{-3}$ ккал;

1 ккал = 10^{3} кал = 10^{-3} Мкал = 10^{-6} Гкал = 4186,8 Дж (точно) = 4,1868 кДж = $4{,}1868\cdot10^{10}$ эрг (точно) = 426,935 кгс·м = $2{,}6147\times10^{22}$ эВ = $1{,}163\cdot10^{-3}$ кВт·ч = $1{,}5812\cdot10^{-3}$ л. с.·ч;

1 эВ = 10^{-6} МэВ = $1{,}60207\cdot10^{-19}$ Дж = $4{,}4502\cdot10^{-26}$ кВт·ч; 1 МэВ = 10^{6} эВ = $1{,}60207\cdot10^{-13}$ Дж;

1 кВт·ч = 3,6 МДж (точно) = $3{,}6\cdot10^{6}$ Дж = $3{,}6\cdot10^{13}$ эрг (точно) = 367 098 кгс·м = $2{,}2471\cdot10^{25}$ эВ = 859,845 ккал = 1,3596 л. с.·ч.

101. Таблица для перевода значений энергии из калорий в джоули

1 кал = 4,1868 Дж

кал	кал									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Дж									
0	0	4,1868	8,3736	12,5604	16,7472	20,9340	25,1208	29,3076	33,4944	37,6812
10	41,8680	46,0548	50,2416	54,4284	58,6152	62,8020	66,9888	71,1756	75,3624	79,5492
20	83,7630	87,9228	92,1096	96,2964	100,483	104,670	108,857	113,044	117,230	121,417
30	125,604	129,791	133,978	138,164	142,351	146,538	150,725	154,942	159,098	163,285
40	167,472	171,659	175,846	180,032	184,219	188,406	192,593	196,780	200,966	205,153
50	209,340	213,527	217,714	221,900	226,087	230,274	234,461	238,648	242,834	247,021
60	251,208	255,395	259,582	263,768	267,955	272,142	276,329	280,516	284,702	288,889
70	293,076	297,263	301,450	305,636	309,823	314,010	318,197	322,384	326,570	330,757
80	334,944	339,131	343,318	347,504	351,691	355,878	360,065	364,252	368,438	372,625
90	376,812	380,999	385,186	389,372	393,559	397,746	401,933	406,120	410,306	414,493

Примеры. 1. 98 кал = 410,306 Дж ≈ 410 Дж.

2. 0,24 кал = 1,00483 Дж ≈ 1 Дж (24 кал = 100,483 Дж).

3. 4063 кал: 4000 кал = 16747,2 Дж

\+ 63 кал = 263,768 Дж

4063 кал = 17010,968 Дж ≈ 17 кДж

102. Энергия взрыва

Объект взрыва	Энергия взрыва			
	Дж	кВт·ч	ккал	кгс м
1 кг тротила* (тола)	$4200 \cdot 10^3$	1,2	1000	$430 \cdot 10^3$
1 т тротила	$4200 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^3$	10^6	$430 \cdot 10^6$
1 кг нитроглицерина	$6400 \cdot 10^3$	1,8	1530	$650 \cdot 10^3$
1 кг бездымного пороха	$2500 \cdot 10^3$— $5000 \cdot 10^3$	0,69—1,40	600—1200	$260 \cdot 10^3$— $510 \cdot 10^3$
Атомная бомба 20 тыс. т	$8,4 \cdot 10^{13}$	$23 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{10}$	$8,6 \cdot 10^{12}$
Водородная бомба 1 млн. т.	$42 \cdot 10^{14}$	$1,15 \cdot 10^9$	10^{12}	$430 \cdot 10^{12}$
Водородная бомба 20 млн. т	$8,4 \cdot 10^{16}$	$2,3 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{13}$	$8,6 \cdot 10^{15}$

Примечание. Энергия ядерного взрыва (атомной или водородной бомбы) характеризуется тротиловым эквивалентом. Тротиловый эквивалент ядерного взрыва — масса тротила, которая при взрыве дает ту же энергию, как и данный взрыв. Например, взрыв водородной бомбы 1 млн. т эквивалентен взрыву 1 млн. т тротила.

* Тротил (тол) — широко применяющееся взрывчатое вещество.

103. Характеристики выстрела (ориентировочные значения)

Показатели	Автомат Калашникова	76-миллиметровая пушка образца 1942 г.
Калибр оружия, мм	7,62	76
Масса пули (снаряда)	7,9 г	6,2 кг
Масса заряда (пороха)	1,6 г	1,08 кг
Начальная скорость пули (снаряда), м/с	715	680
Длина ствола, м	0,415	3
Время движения пули (снаряда) в стволе, с	0,0011	0,01
Среднее ускорение пули (снаряда), м/с^2	616 000	77 000
Кинетическая энергия пули (снаряда) при вылете из ствола, кДж	2,02	1 430
Максимальное давление газов в стволе при выстреле:		
МПа	275—284	250
ат	2800—2900	2 520

104. Характеристики полета пуль стрелкового оружия

В таблице указывается время полета t пули до целей, находящихся на различных расстояниях s от стрелка, а также скорость v и кинетическая энергия E_k пули, с которыми она достигает этих целей.

Показатели	s, м									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Пулеметы Калашникова ПК, ПКБ, ПКС										
t, с	0,13	0,27	0,43	0,60	0,79	1,01	1,26	1,53	1,83	2,15
v, м/с	746	675	608	545	486	432	384	343	316	299
E_k, Дж (кгс·м)	2670 (272)	2190 (223)	1780 (182)	1430 (146)	1140 (116)	892 (91)	706 (72)	559 (57)	481 (49)	422 (43)
Ручные пулеметы Калашникова РПК, РПКС										
t, с	0,14	0,31	0,51	0,74	1,00	1,29	1,62	1,98	2,36	2,76
v, м/с	650	562	482	409	374	311	289	271	255	240
E_k, Дж (кгс·м)	1680 (171)	1250 (128)	922 (94)	667 (68)	490 (50)	382 (39)	324 (33)	294 (30)	265 (27)	235 (24)
Автомат Калашникова АК										
t, с	0,15	0,32	0,52	0,76	1,04	1,35	1,69	2,05	—	—
v, м/с	623	537	459	391	334	304	284	266	—	—
E_k, Дж (кгс·м)	1540 (157)	1150 (117)	843 (86)	618 (63)	461 (47)	363 (37)	314 (32)	284 (29)	—	—

105. Некоторые технические данные стрелкового оружия Советской Армии

Показатели	Пистолет Макарова (ПМ)	Автомат Калашникова (АК)	Ручной пулемет Дегтярева (РПД)	Пулеметы Калашникова			Ручной противотанковый гранатомет (РПГ-2)
				ручной (РПК и РПКС)	ПК, ПКС, ПКБ	ПКТ	
Начальная скорость пули, м/с	315	715	735	745	825	855	84
Масса пули, г	6,1	7,9	7,9	7,9	9,6	9,6	1840 (масса гранаты)
Дульная энергия*, Дж (кгс·м)	610 (62)	2030 (207)	2130 (217)	2200 (225)	3230 (329)	3510 (358)	63650 (6490)
Предельная дальность полета пули, м	—	3000	3600	3000	3800	3800	—
Дальность, до которой сохраняется убойное действие пули**, м	350	1500	1500	1500	3800	3800	—
Масса порохового заряда патрона, г	—	1,6	1,6	1,6	3,1	3,1	—
Длина ствола, мм	93	415	520	590	658	—	950
Длина нарезной части ствола, мм	—	369	474	544	550	550	—
Длина хода нарезов, мм	—	240	240	240	240	240	—
Масса, кг	0,81	3,8***	9	5,6 (РПК); 5,9 (РПКС)	9 (ПК); 16,7 (ПКС)	10,5	2,9
Калибр, мм	9	7,62	7,62	7,62	7,62	7,62	40

* Дульная энергия — энергия, которой обладает пуля (граната) в момент вылета из ствола.
** Убойное действие пули характеризуется наименьшей энергией, которой должна обладать пуля, чтобы вывести человека из строя; эта энергия равна ≈80 Дж.
*** Указана масса автомата с неснаряженным магазином, деревянным прикладом и без штыка (масса штыка без ножен 270 г).

106. Скорость звука в газах и парах

Газ или пар	Температура, °С	Скорость звука, м/с	Температурный коэффициент скорости звука*, м/(с·°С)
Азот	0	333,6	0,6
Аргон	0	319	0,56
Ацетилен	0	327	...
Бензин	90	200	...
Водород	0	1284	2,2
Воздух	0	331,5	0,59
Водяной пар	0	401	...
Водяной пар насыщенный	110	413	...
Гелий	0	965	0,8
Кислород	0	316	0,56
Неон	0	435	0,8
Оксид азота (IV)	0	324	0,6
Оксид углерода (II)	0	338	0,6
Оксид углерода (IV)	0	259	0,4
Хлор	0	206	...

* Скорость звука в газах и парах увеличивается с повышением температуры. Изменение скорости звука при изменении температуры газа или пара на 1 °С определяется температурным коэффициентом скорости звука.

107. Скорость *c* звука в воздухе при различной температуре *t*

t, °С	*c*, м/с	*c*, км/ч	*t*, °С	*c*, м/с	*c*, км/ч
—100	263,7	949,2	60	365,8	1316,9
—90	271,2	976,2	70	371,2	1336,5
—80	278,5	1002,5	80	376,6	1355,8
—70	285,6	1028,2	90	381,9	1374,9
—60	292,6	1053,2	100	387,1	1393,7
—50	299,3	1077,6	150	412,3	1484,2
—40	306,0	1101,5	200	436,0	1569,5
—30	312,5	1124,9	250	458,4	1650,3
—20	318,8	1147,8	300	479,8	1727,4
—10	325,1	1170,3	400	520,0	1872,1
0	331,5	1193,4	500	557,3	2006,4
10	337,3	1214,1	600	592,3	2132,2
20	343,1	1235,2	700	625,3	2251,0
30	348,9	1256,2	800	656,6	2363,9
40	354,6	1276,7	900	686,5	2471,6
50	360,3	1296,9	1000	715,2	2574,8

108. Скорость c звука в воздухе на различной высоте h над Землей

Таблица составлена по данным стандартной атмосферы (см. примечание к табл. 23), для которой высота отсчитывается от уровня моря, а начальная температура и давление на уровне моря принимаются равными соответственно 15 °С и 101 325 Па.

h, м	c		h, м	c	
	м/с	км/ч		м/с	км/ч
0	340,29	1225,04	4 000	324,59	1168,52
50	340,10	1224,36	5 000	320,54	1153,94
100	339,91	1223,68	6 000	316,45	1139,22
200	339,53	1222,31	7 000	312,31	1124,32
300	339,14	1220,80	8 000	308,10	1109,16
400	338,76	1219,54	9 000	303,85	1093,86
500	338,37	1218,13	10 000	293,53	1078,31
600	337,98	1216,73	от 11 050 до 20 050	295,07	1062,25
700	337,60	1215,36	30 000	301,71	1086,16
800	337,21	1213,96	40 000	317,19	1141,88
900	336,82	1212,55	50 000	329,80	1107,28
1000	336,43	1211,15	60 000	315,07	1134,25
2000	332,53	1197,11	70 000	297,06	1069,42
3000	328,58	1183,89	80 000	282,54	1017,14

Примечание. Так как в тропосфере температура воздуха с высотой уменьшается (см. табл. 141), то уменьшается с высотой и скорость звука: на каждые 250 м высоты скорость звука уменьшается примерно на 1 м/с. На высотах 11—20 км температура согласно стандартной атмосфере (см. сноску в табл. 23) постоянна и равна — 56,50 °С. Скорость звука на высоте 11—20 км также постоянна и равна 295,07 м/с.

109. Скорость c звука в жидкостях

Жидкость	Температура, °С	Скорость звука, c, м/с	Температурный коэффициент скорости звука*, м/(с·°С)
Азот	—203	929	—10
Аргон	—186	837	—8,7
Ацетон	20	1192	—5,5
Бензин	17	1166	...
Вода	25	1497	2,5
Вода морская	20	1490	...
Вода тяжелая	25	1399	2,8
Водород	—253	1127	...
Гелий	—269	180	—21,5

* Скорость звука в жидкостях изменяется с изменением температуры — для подавляющего большинства жидкостей она уменьшается с увеличением температуры. Изменение скорости звука при изменении температуры на 1 °С определяется температурным коэффициентом скорости звука. Знак «минус», стоящий у значения этого коэффициента, показывает, что при увеличении температуры жидкости скорость звука в ней уменьшается. Температурный коэффициент скорости звука для воды положительный — при повышении температуры воды скорость звука в ней увеличивается. В пресной воде скорость звука имеет максимальное значение при температуре 74 °С (см. табл. 111).

Жидкость	Температура, °C	Скорость звука, *c*, м/с	Температурный коэффициент скорости звука, м/(с·°C)
Глицерин	20	1923	—1,8
Керосин	15	1330	...
Кислород	—210	1130	—8,3
Нафталин	86	1302	...
Нефть	15	1330	...
Олово	232	2270	...
Раствор поваренной соли (10%-ный)	15	1470	...
Раствор поваренной соли (20%-ный)	15	1650	...
Ртуть	20	1451	—0,5
Свинец	327	1790	...
Скипидар	15	1326	...
Спирт этиловый (100%)	23	1177	—3,6
Эфир этиловый	15	1032	...

110. Скорость *c* звука в твердых телах (при $t = 20$ °C)

Твердое тело	*c*, м/с	Твердое тело	*c*, м/с
Алюминий	6260	Мрамор	6100
Бериллий	12 250	Нейзильбер	4760
Бетон	4250—5250	Нейлон	2680
Вольфрам	5460	Никель	4785
Воск	390	Ниобий	4100
Гранит	3850	Олово	3320
Дерево*		Органическое стекло	2550
береза	3625	Парафин	1300
дуб	4175	Платина	3960
ель	5000	Полистирол	2600
клен	4450	Полиэтилен	2000
ольха	5060	Пробка	500
сосна	5030	Резина	1480
ясень	5065	Ртуть (при $t = -40$ °C)	2670
Дуралюмин	6400	Свинец	2160
Железо	5850	Серебро	3620
Золото	3240	Сталь	5000—6100
Инвар	4657	Стекло	5500
Иридий	4790	Тантал	3350
Каменная соль	4400	Титан	6000
Кварцевое стекло	5570	Уран	3300
Кирпич	3600	Фарфор	5300—5900
Кобальт	4820	Хлопчатобумажная нить (при силе натяжения 10 Н)	1260
Константан	5270	Хром	6200
Латунь	4280—4700	Цинк	4170
Лед (при $t = -4$ °C)	3980	Чугун	3500—5600
Манганин	4660	Шифер	4510
Магний	4600	Эбонит	2400
Медь	4700		
Молибден	6290		

* Скорость звука указана для воздушно-сухой древесины вдоль волокон. Скорость звука в древесине поперек волокон примерно в четыре раза меньше, чем вдоль волокон.

111. Скорость c звука в воде при различной температуре t

t, °C	t, °C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	c, м/с									
0	1402,7	1407,7	1412,6	1417,3	1422,0	1426,5	1430,9	1435,2	1439,5	1443,6
10	1447,6	1451,5	1455,3	1459,1	1462,7	1466,2	1469,7	1473,1	1476,4	1479,6
20	1482,7	1485,7	1488,6	1491,5	1494,3	1497,0	1499,6	1502,2	1504,7	1507,1
30	1509,4	1511,7	1513,9	1516,0	1518,1	1520,1	1522,1	1523,9	1525,7	1527,5
40	1529,2	1530,8	1532,4	1533,9	1535,3	1536,7	1538,1	1539,3	1540,6	1541,7
50	1542,9	1543,9	1545,0	1545,9	1546,8	1547,7	1548,5	1549,3	1550,0	1550,7
60	1551,3	1551,9	1552,4	1552,9	1553,4	1553,8	1554,1	1554,4	1554,7	1554,9
70	1555,1	1555,3	1555,4	1555,4	1555,5	1555,4	1555,4	1555,3	1555,2	1555,0
80	1554,8	1554,6	1554,3	1554,0	1553,6	1553,2	1552,8	1552,4	1551,9	1551,4
90	1550,8	1550,2	1549,6	1548,9	1548,2	1547,5	1546,8	1546,0	1545,1	1544,3
100	1543,4									

П р и м е р. Скорость звука в воде прн температуре 83 °С равна 1554,0 м/с.

112. Частота колебаний различных источников звука

Источник звука	Частота колебаний, Гц	Источник звука	Частота колебаний, Гц
Мужской голос	100—7000	Труба (бас)	60—6000
Женский голос	200—9000	Саксофон (бас)	80—8000
Скрипка	260—15 000	Громкоговоритель радиоприемника, телевизора	80—10 000
Контрабас	60—8000	Арфа	30—15 000
Кларнет	150—8000	Виолончель	70—8000
Флейта	260—15 000	Орган	22—16 000
Барабан	90—14 000		
Рояль	90—9000		

113. Частотный диапазон голосов певцов и певиц

В таблице приведены средние значения диапазонов частот; значения частот и длин волн округлены и даны для температуры воздуха 20 °С.

Женский голос	Частотный диапазон голоса, Гц	Диапазон длин звуковых волн, см	Мужской голос	Частотный диапазон голоса, Гц	Диапазон длин звуковых волн, см
Контральто	170—780	201—44	Бас	80—350	428—98
Меццо-сопрано . . .	200—900	171—38	Баритон . .	100—400	342—86
Сопрано	250—1000	137—34	Тенор	130—500	263—68
Колоратурное сопрано	260—1400	132—25			

Примечание. Высота голоса зависит от длины и натяжения голосовых связок. У мужчин длина голосовых связок составляет 18—25 мм (бас≈25 мм, тенор≈18 мм), у женщин 15—20 мм.

114. Частота колебаний музыкальных тонов

Музыкальные звуки составляют восемь октав: субконтроктава (ее граничные частоты 16—32,7 Гц); контроктава (обозначается C_{-1}; 32—65,4 Гц); большая октава (обозначается C; 65,4—130,8 Гц); малая октава (обозначается c; 130,8—261,6 Гц); первая октава (обозначается c_1; 261,6—523,2 Гц); вторая октава (обозначается c_2; 523,2—1046,6 Гц); третья октава (обозначается c_3; 1046,6—2093,1 Гц); четвертая октава (обозначается c_4; 2093,1—4184 Гц).

Основным тоном музыкальной настройки считается тон «ля» первой октавы. Частота основного тона (нормального или стандартного тона) равна 440 Гц.

Тон	Октавы						
	C_{-1}	C	c	c_1	c_2	c_3	c_4
	Частота колебаний, Гц						
c (до)	32,70	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,6	2093,1
d (ре)	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,7	2349,3
e (ми)	41,20	82,41	164,81	329,63	659,25	1318,5	2637,0
f (фа)	43,65	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,9	2793,8
g (соль) . . .	49,00	98,00	196,00	392,00	783,00	1568,00	3136,0
a (ля)	55,0	110,0	220,0	440,0	880,0	1760,0	3520,0
h (си)	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,5	3951,1

115. Слуховой аппарат человека

Частотный диапазон звуков, воспринимаемых ухом, Гц	от 16—20 до 20 000*
Частотный диапазон речи, Гц	1200—9000
Частота звуковых колебаний, к которым наиболее чувствительно ухо, Гц	1500—3000
Интенсивность звука при пороге слышимости (при частоте колебаний ок. 2000 Гц), Вт/м^2	$2\cdot10^{-12}$
эрг/(см^2·с)	$2\cdot10^{-9}$
Интенсивность звука при пороге слышимости (при частоте колебаний 50 Гц), Вт/м^2	$5\cdot10^{-6}$
эрг/(см^2·с)	$5\cdot10^{-3}$**
Интенсивность звука на пороге болевого ощущения, Вт/м^2 . . .	≈ 110
Амплитуда колебаний частиц воздуха при пороге слышимости, см	$\approx 10^{-10}$
Расстояние между правым и левым ухом у взрослого человека, см	ок. 18
Площадь наружного отверстия слухового канала уха, см^2	0,3—0,5
Форма барабанной перепонки	овальная
Горизонтальный диаметр перепонки, см	ок. 1
Вертикальный » » , см	ок. 0,85
Толщина барабанной перепонки, мм	0,1
Площадь » » , см^2	ок. 0,65
Масса молоточка, мг	ок. 23
» наковальни, мг	ок. 25
» стремечка, мг	ок. 3

Уши человека способны улавливать разность времени прихода звука в одно и другое ухо в $3\cdot10^{-5}$ с (разность хода звуковой волны при этом составляет 1 см).

Примечание. Основные частоты гласных звуков речи лежат в области от 80 до 180 Гц для мужских голосов и от 150 до 300 Гц для женских. Наиболее высокие компоненты, доходящие до 8000 Гц, входят в состав звука согласной «с». Чтобы обеспечить понятность речи, достаточно воспроизвести область частот от 300 до 2000 Гц. Такую область частот обычно воспроизводит телефон. Для высококачественной передачи речи необходимо точно передавать всю область частот от 80 до 9000—10 000 Гц — это обеспечивает точную передачу тембра голоса.

* У детей верхний предел слышимости доходит до 22 000 Гц; у стариков он понижается до 10 000 Гц и ниже (старые люди, например, часто не слышат стрекотания кузнечиков, цикад, сверчков).

** Из сопоставления этой цифры с предыдущей видно, что при уменьшении частоты звуковых колебаний от 2000 до 50 Гц чувствительность уха уменьшается в 2,5 миллиона раз!

116. Звуковая мощность различных источников звука

В таблице приведены примерные значения звуковой мощности.

Источник звука	Звуковая мощность, Вт		
	средняя	минимальная	максимальная
Мужской голос	10^{-5}	10^{-9}	$2\cdot10^{-3}$
Женский голос	10^{-5}	10^{-9}	$2\cdot10^{-3}$
Шепот тихий	10^{-9}	—	—
Речь обычной громкости	$5\cdot10^{-7}$—$1\cdot10^{-5}$	—	—
Скрипка	10^{-3}	10^{-8}	0,2
Контрабас	$2\cdot10^{-3}$	$1{,}6\cdot10^{-8}$	0,16
Кларнет	10^{-3}	$5\cdot10^{-8}$	0,05
Флейта	$3\cdot10^{-4}$	$6\cdot10^{-8}$	0,06
Барабан	0,02	$1{,}2\cdot10^{-6}$	12—25
Рояль	0,07	$3\cdot10^{-8}$	2
Труба (бас)	0,003	$2\cdot10^{-9}$	0,2
Саксофон (бас)	0,002	$3\cdot10^{-8}$	0,3
Оркестр (15 человек)	0,5	$2{,}5\cdot10^{-6}$	2,5
Оркестр (75 человек)	4,5	$6{,}6\cdot10^{-6}$	70
Громкоговоритель радиоприемника, телевизора	—	—	до 1,5—3,0

117. Коэффициент звукопоглощения α*

Материал	Частота колебаний, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
	α					
Стена кирпичная:						
неоштукатуренная	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
оштукатуренная и окрашенная	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Бетонная стена	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Технический войлок толщиной 2,5 см	0,09	0,34	0,55	0,66	0,52	0,39
Пробковая плита толщиной 2 см, приклеенная к стене	0,08		0,08	0,19	0,21	0,22
Линолеум толщиной 0,5 см	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Паркет на асфальте	0,05	0,03	0,06	0,09	0,10	0,22
Фанера, плотно прибитая к стене	0,05	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10
Стекло оконное	0,03		0,03		0,02	
Ковер на стене	0,09	0,08	0,21	0,27	0,27	0,37
Ткань хлопчатобумажная на стене	0,04	0,07	0,13	0,22	0,33	0,35
Слой стеклянной ваты толщиной 9 см	0,32	0,40	0,51	0,60	0,65	0,60
Минеральная вата толщиной 4 см	0,32	0,40	0,53	0,55	0,61	0,66
Плиты минералватные звукопоглощающие (ПА/О) толщиной 20 см	0,3	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45
Акустическая штукатурка АЦП толщииой 3,5 см	0,22	0,27	0,31	0,31	0,33	0,40

* Коэффициент звукопоглощения α — отношение поглощенной энергии звуковой волны к падающей — зависит от частоты звуковых колебаний. Коэффициент отражения ρ звука равен $\rho = 1 - \alpha$.

118. Толщина пористых материалов, обеспечивающая полное поглощение звука

Материал	Вата	Войлок шерстяной	Пробковая плита	Минеральное волокно	Штукатурка сухая
Толщина, см	79	18	7,5	9	3,5

119. Интенсивность звука, звуковое давление и уровень звукового давления в различных случаях

Уровень звукового давления, дБ	Интенсивность звука, Вт/м²	Звуковое давление		Примерные условия, соответствующие данным таблицы
		Па	дин/см²	
0	10^{-12}	$2\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{-4}$	Порог слышимости
10	10^{-11}	$6{,}3\cdot10^{-5}$	$6{,}3\cdot10^{-4}$	Шорох листьев в лесу. Слабый шепот на расстоянии 1 м
20	10^{-10}	$2\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-3}$	Тиканье карманных часов. Разговор шепотом
30	10^{-9}	$6{,}3\cdot10^{-4}$	$6{,}3\cdot10^{-3}$	Читальный зал библиотеки
40	10^{-8}	$2\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{-2}$	Разговор вполголоса. Негромкая музыка
50	10^{-7}	$6{,}3\cdot10^{-3}$	$6{,}3\cdot10^{-2}$	Слабая работа громкоговорителя
60	10^{-6}	$2\cdot10^{-2}$	$2\cdot10^{-1}$	Громкий разговор. Улица средней оживленности
70	10^{-5}	$6{,}3\cdot10^{-2}$	$6{,}3\cdot10^{-1}$	Шум грузового автомобиля. Шум внутри трамвая. Игра на рояле (на расстоянии 10 м)
80	10^{-4}	$2\cdot10^{-1}$	2	Работа металлорежущего станка. Громкоговоритель при максимальной громкости. Шумная улица
90	10^{-3}	$6{,}3\cdot10^{-1}$	6,3	В вагоне метрополитена. Сирена скорой помощи
100	10^{-2}	2	20	В кабине пассажирского самолета
110	10^{-1}	6,3	63	Сирена пожарного автомобиля. Скорый поезд. Пневматический молот
120	10	20	200	Поршневой авиадвигатель. Сильные раскаты грома
130	100	63	630	Реактивный двигатель. Болевое ощущение

120. Оптимальное время реверберации

Время реверберации — важнейший фактор, определяющий акустическое качество помещения.

Время реверберации, соответствующее наилучшим акустическим условиям, определяется экспериментально. Оптимальное время реверберации зависит от объема помещения и от характера звучания (музыка, речь и др.).

На рисунке 1 изображены прямые, показывающие зависимость оптимального значения времени t реверберации от объема V и назначения помещений (при частоте 512 Гц*).

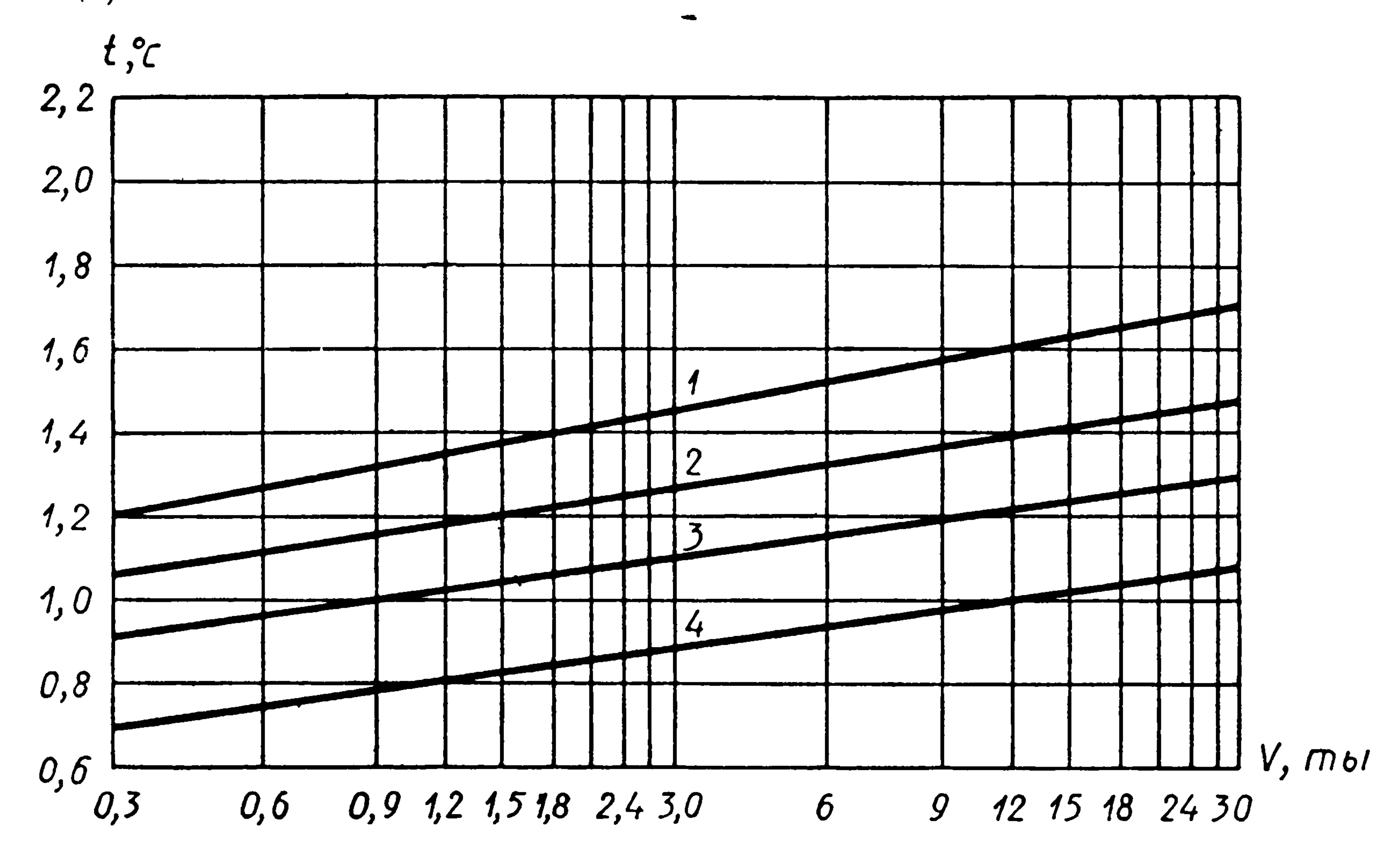


Рис. 1. Оптимальное время реверберации в помещениях различного объема.

Прямые показывают среднее оптимальное время реверберации для концертных залов (*1*), для зрительных залов драматических театров (*2*), для кинотеатров (*3*), для аудиторий и конференц-залов (*4*).

121. Оценка акустики зала в зависимости от времени реверберации*

Время реверберации, с	Оценка акустики зала	Время реверберации, с	Оценка акустики зала
Более 5	Очень плохая	Между 2 и 1,5	Хорошая
Между 5 и 3	Плохая	Между 1,5 и 0,5	Очень хорошая
Между 3 и 2	Довольно плохая		

* Большая реверберация — остаточное звучание, наблюдающееся после выключения источника звука и обусловленное приходом в данную точку не только прямых, но и отраженных и рассеянных звуковых волн — вызывает в помещениях впечатление гулкости, звуки слишком долго не замирают. Следующие друг за другом слова и звуки перекрывают друг друга, речь становится малоразборчивой, невнятной, а музыкальные фразы — нечеткими. Если в помещении время реверберации слишком мало, то речь в нем звучит четко, музыка — отрывисто и глухо, слушатели лишаются ощущения привычного объема, восприятие речи и музыки становится утомительным и неприятным.

* Так как время реверберации непостоянно для звуков различной частоты (из-за различной звукопоглощающей способности отделочных материалов залов), то оно определяется обычно для частоты 512 Гц.

122. Время реверберации некоторых залов

Название зала	Объем зала, $м^3$	Число мест	Время реверберации зала, *с*	
			пустого	заполненного зрителями
Большой театр, Москва	13 800	2300	2,06	1,55
Колонный зал Дома союзов, Москва	12 500	1600	3,55	1,72
Концертный зал им. Чайковского, Москва	17 500	1500	2,20	...
Большой зал консерватории, Москва	17 000	2150	4,60	2,20
Московский Художественный академический театр (старое здание)	4 800	1160	1,6	0,8
Театр Ла Скала, Милан	11 245	2289	...	1,2
Национальная опера, Париж	9 960	2131	...	1,1
Метрополитен Опера, Нью-Йорк	19 520	3639	...	1,2
Зал конгрессов Дворца культуры и науки, Варшава	27 650	3500	1,6	1,5

123. Применение ультразвука

Частота ультразвуковых колебаний	Область применения
20—30 кГц	Механическая обработка материалов — резание твердых и хрупких электропроводящих материалов и диэлектриков (тантала, германия, кварца, фарфора, стекла, керамик, карбидов вольфрама и титана, рубина, алмаза, альнико и др.). Гидролокация. Эхолокация
0,2—25 МГц	Дефектоскопия металлов (импульсный эхо-метод) — определение глубины залегания дефектов в крупногабаритных изделиях, контроль качества сварных швов, проверка осей колесных пар, роторов турбин, генераторов, компрессоров и др.
50 кГц — 10 МГц	Дефектоскопия металлов (теневой метод) — определение дефектов (трещин, шлаковых включений, газовых раковин и др.) в изделиях: металлических плитах, бетонных конструкциях, резиновых шинах и др.
0,5—20 МГц	Дефектоскопия металлов (резонансный метод) — измерение и контроль изделий с одной, доступной для измерений стороны изделия (толщины листов, стеиок труб)
20—30 кГц	Образование эмульсий. Коагуляция аэрозолей
500—800 кГц	Чистка деталей

Примечание. В ряде случаев ультразвуковая дефектоскопия является единственно возможным методом контроля качества продукции (например, при контроле роторов паровых турбин, турбогенераторов, диаметр которых достигает более 1 м, и ряда других крупногабаритных изделий, через толщи которых ни рентгеновское, ни гамма-излучение не может проникнуть).

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕПЛОТА

124. Массы атомов и молекул

В таблице приводятся округленные значения массы $m_а$ некоторых атомов и молекул.

Атомы	$m_а$, 10^{-27} кг	Молекулы	$m_а$, 10^{-27} кг
Азот	23,2	Азот N_2	46,5
Алюминий	44,8	Аммиак NH_3	28,3
Водород	1,67	Вода H_2O	29,9
Гелий	6,64	Водород H_2	3,3
Железо	92,8	Воздух	48,1
Золото	327	Гидроксид натрия NaOH	66,4
Кислород	26,6	Карбонат цинка $ZnCO_3$	208
Кремний	46,6	Кислород O_2	53,2
Медь	105	Метан CH_4	26,6
Натрий	38,1	Нитрат серебра $AgNO_3$	282
Ртуть	333	Озон O_3	80
Свинец	344	Оксид алюминия Ag_2O_3	169
Сера	53,2	» ртути (II) HgO	360
Серебро	179	» углерода (II) CO	46,5
Углерод	19,9	» углерода (IV) CO_2	73
Уран	395	» урана UO_2	448
Фтор	31,5	Сульфат меди $CuSO_4$	265
Хлор	58,9	» свинца $PbSO_4$	503
Цинк	109	Хлорид натрия NaCl	97

125. Диаметры молекул газов

В таблице приведены средние значения диаметра d молекул некоторых газов, вычисленные различными методами: $d_μ$ — из уравнений вязкости, $d_в$ — из уравнения Ван-дер-Ваальса, $d_т$ и $d_д$ — из уравнений теплопроводности и диффузии, а также из плотности вещества в конденсированном — твердом или жидком — состоянии — $d_{т,ж}$ (в этих состояниях молекулы практически плотно упакованы).

Газ	$d_μ$, нм	$d_В$, нм	$d_Т$, нм	$d_Д$, нм	$d_{Т, Ж}$, нм
Азот	0,370	0,315	0,353	0,369	—
Аммиак	0,443	0,297	0,308	—	—
Аргон	0,367	0,294	0,286	0,382	0,415
Водород	0,275	0,276	0,232	0,268	0,419
Водяной пар	0,468	0,289	—	—	0,348
Воздух	0,374	—	—	—	—
Гелий	0,218	0,266	0,230	—	0,421
Кислород	0,364	0,293	0,351	0,355	0,373
Неон	0,260	0,238	0,267	0,305	0,340
Оксид углерода (IV)	0,465	0,324	0,340	—	—

126. Мембранная технология

Синтетические мембраны служат для очистки и разделения газов и жидкостей на молекулярном уровне и в зависимости от диаметра пор мембран осуществляют процессы, называемые обратным осмосом, ультрафильтрацией и микрофильтрацией.

Мембранный процесс	Диаметр пор, мкм (Å)	Мембранный процесс	Диаметр пор, мкм (Å)	Мембранный процесс	Диаметр пор, мкм (Å)
Обратный осмос	0,0001—0,001 (1—10)	Ультрафильтрация	0,001—0,02 (10—200)	Микрофильтрация	0,02—10 (200—100 000)

Обратноосмотические мембраны применяются для получения сверхчистой воды, необходимой в электронной промышленности (для производства элементной базы микроэлектроники, изготовления полупроводниковых материалов, особо чистых материалов и т. д.). Такие мембраны, пропуская чистую воду, задерживают даже ионы, т. е. практически все растворенные в воде соли. Мембраны для ультрафильтрации позволяют отделять высокомолекулярные продукты от низкомолекулярных. Микрофильтрация дает возможность разделять тонкие взвеси, в частности, удалять из растворов вирусы, бактерии, утилизировать ценные вещества, разделять газовые смеси, очищать сточные воды и т. д.

Ниже приведены (в мкм) размеры (диаметры) некоторых частиц, находящихся в воде или воздухе.

Ионы ..... 0,0001—0,005
Частицы сажи 0,01—0,1
Вирусы ... 0,01—0,5
Табачный дым ... 0,01—1
Атмосферная пыль ....0,005—10
Бактерии .... 0,1—100
Угольная пыль 1—100
Самые большие микробные клетки 10

Движущей силой мембранных процессов часто служит разница давлений среды по обе стороны мембраны (баромембранные процессы*).

Для изготовления мембран, в частности, пользуются пучками ускоренных ионов, которые пропускаются через лавсановую пленку или тонкие слои кристаллов и образуют поры. Осуществление многих процессов при применении мембранной технологии требует значительно меньших энергетических затрат, чем при использовании других технологий. Например, при опреснении 1 л морской воды расходуется 2257 кДж (539 ккал), а при применении мембранной технологии — в 10—15 раз меньше. Уже в 1980 г. половину всей опресненной воды на планете получали, используя баромембранную технологию.

* Для осуществления мембранных процессов могут использоваться и другие физические градиенты — температуры, электрического потенциала и т. д.

127. Относительная молекулярная масса M_r некоторых газов

Газ	M_r	Газ	M_r
Азот N_2	28,013	Озон O_3	47,998
Аммиак NH_3	17,03	Оксид азота (I) N_2O	44,01
Аргон Ar	39,948	Оксид азота (II) NO	30,01
Ацетилен C_2H_3	26,04	Оксид серы (VI) SO_2	64,06
Водород H_2	2,0159	Оксид углерода (II) CO	28,01
Воздух	28,96	Оксид углерода (IV) CO_2	44,01
Гелий He	4,0026	Пропан C_3H_8	44,10
Кислород O_2	31,999	Сероводород H_2S	34,08
Криптон Kr	83,80	Фтор F_2	37,997
Ксенон Xe	131,30	Хлор Cl_2	70,906
Метан CH_4	16,04	Этан C_2H_2	30,07
Неон Ne	20,183	Этилен C_2H_4	28,05

128. Межатомные (межядерные) расстояния r_0 в некоторых двухатомных молекулах

Молекула	r_0, нм	Молекула	r_0, нм
Азот N_2	0,109	Кислород O_2	0,121
Азота оксид (IV) NO	0,115	Литий Li_2	0,267
Бор B_2	0,159	Натрий Na_2	0,308
Бром Br_2	0,214	Ртуть Hg_2	0,330
Бромоводород HBr . .	0,141	Сера S_2	0,189
Бромид калия KBr . . .	0,294	Углерод C_2	0,131
Водород H_2	0,074	Фосфор P_2	0,189
Гидрид лития LiH . . .	0,159	Фтор F_2	0,143
Иод J	0,267	Фтороводород HF	0,092
Иодоводород HJ	0,160	Хлор Cl_2	0,199
Калий K_2	0,392	Хлорид калия KCl	0,279

129. Изменение объема при смешивании спирта и воды (при $t = 15$ °С)

Объем 100 см³ смеси		Уменьшение объема при смешивании, см³	Объем 100 см³ смеси		Уменьшение объема при смешивании, см³
спирта	воды		спирта	воды	
10,0	90,71	0,71	55,0	48,72	3,72
15,0	86,19	1,19	60,0	43,66	3,66
20,0	81,71	1,71	65,0	38,56	3,56
25,0	77,22	2,22	70,0	33,38	3,38
30,0	72,71	2,71	75,0	28,14	3,14
40,0	63,41	3,41	80,0	22,82	2,82
45,0	58,59	3,59	85,0	17,42	2,42
50,0	53,70	3,70	90,0	11,88	2,88

130. Средняя длина свободного пробега молекул воздуха

В таблице приведены средние длины свободного пробега l молекул некоторых газов при различных температурах и давлениях.

h, м	l, м	h, м	l, м	h, м	l, м
0	$6{,}633 \cdot 10^{-8}$	1 000	$7{,}309 \cdot 10^{-8}$	30 000	$4{,}413 \cdot 10^{-6}$
50	$6{,}665 \cdot 10^{-8}$	2 000	$8{,}072 \cdot 10^{-8}$	40 000	$2{,}034 \cdot 10^{-5}$
100	$6{,}697 \cdot 10^{-8}$	3 000	$8{,}936 \cdot 10^{-8}$	50 000	$7{,}913 \cdot 10^{-5}$
200	$6{,}762 \cdot 10^{-8}$	4 000	$9{,}917 \cdot 10^{-8}$	70 000	$9{,}801 \cdot 10^{-4}$
300	$6{,}827 \cdot 10^{-8}$	5 000	$1{,}103 \cdot 10^{-7}$	90 000	$2{,}377 \cdot 10^{-2}$
400	$6{,}894 \cdot 10^{-8}$	10 000	$1{,}965 \cdot 10^{-7}$	100 000	$1{,}439 \cdot 10^{-1}$
500	$6{,}961 \cdot 10^{-8}$	20 000	$9{,}139 \cdot 10^{-7}$	120 000	2,925

Примечание. Плотность, давление и температуру воздуха на соответствующих высотах см. в табл. 23, 59, 141.

131. Длина свободного пробега молекул газов

В таблице указана средняя длина свободного пробега l молекул воздуха на различной высоте h над Землей.

Газ	при $t=0$ °C и $p=$ $=0{,}1$ Па ($7{,}5\cdot10^{-4}$ мм рт. ст)	при $t=0$ °C и $p=$ $=133$ Па (1 мм рт. ст)	при $t=25$ °C и $p=$ $=133$ Па (1 мм рт. ст)	при $t=0$ °C и $p=$ $=101\,325$ Па (760 мм рт. ст)	при $t=25$ °C и $p=$ $=101\,325$ Па (760 мм рт. ст)
	l, мкм				
Азот	6 070	48,0	50,7	0,063	0,067
Аргон	6 440	47,1	53,1	0,062	0,067
Водород	11 380	83,9	93,1	0,110	0,123
Воздух	6 170	45,4	50,9	0,060	0,067
Гелий	18 200	133,2	147,2	0,175	0,194
Кислород	6 560	48,1	54,0	0,063	0,071
Криптон	4 900	36,9	40,9	0,048	0,053
Ксенон	3 500	26,4	29,8	0,035	0,039
Неон	12 600	94,4	104,5	0,124	0,138
Оксид углерода (IV)	...	29,5	33,4	0,039	0,044

132. Частота столкновений молекул газа

В таблице указывается средняя частота n столкновений одной молекулы газа с другими молекулами этого же газа в 1 с при нормальных условиях и при температуре 25 °C и нормальном давлении (101 325 Па).

Газ	n, 10^7 $с^{-1}$ при давлении 101 325 Па и температуре		Газ	n, 10^7 $с^{-1}$ при давлении 101 325 Па и температуре	
	0 °C	25 °C		0 °C	25 °C
Азот	721	708	Кислород	672	626
Аргон	614	596	Криптон	542	514
Водород	1533	1443	Ксенон	602	558
Воздух	747	698	Неон	431	407
Гелий	685	649	Оксид углерода (IV)	934	861

133. Частота ударов молекул газа в сосуде

В таблице приведены средние значения частоты $n_у$ ударов молекул газа в сосуде о площадку в 1 см^2 при различных давлениях p и температурах t газа в сосуде.

Газ	$n_у$, 10^{17} с$^{-1}$·см$^{-2}$ при $p=0,1$ Па ($7,5\cdot10^{-4}$ мм рт. ст.) и $t=0$ °C	$n_у$, 10^{20} с$^{-1}$·см$^{-2}$ при $p=133,3$ Па (1 мм рт. ст.) и $t=0$ °C	$n_у$, 10^{23} с$^{-1}$·см$^{-2}$ при $p=101\,325$ Па (760 мм рт. ст.) и $t=0$ °C	$n_у$, 10^{23} с$^{-1}$·см$^{-2}$ при $p=101\,325$ Па (760 мм рт. ст.) и $t=25$ °C
Азот	3,01	4,02	3,05	3,19
Аммиак	3,86	5,15	3,92	4,09
Аргон	2,52	3,36	2,56	2,67
Водород	11,23	14,97	11,38	11,89
Водяной пар	3,76	5,01	3,81	3,98
Воздух	2,96	3,95	3,00	3,02
Гелий	7,97	10,63	8,07	8,44
Кислород	2,82	3,76	2,86	2,97
Криптон	1,74	2,32	1,77	1,85
Ксенон	1,39	1,86	1,41	1,47
Метан	3,86	5,15	4,04	4,22
Неон	3,55	4,73	3,60	3,81
Оксид углерода (IV)	2,40	3,20	2,44	2,54
Хлор	1,86	2,52	1,92	2,01

134. Скорости движения молекул газов

В таблице приведены значения наиболее вероятной $v_в$, средней арифметической $v_{ср}$ и средней квадратичной $v_{кв}$ скоростей движения молекул различных газов при нормальных условиях. Приведены также значения $v_{ср}$ при нормальном давлении, но для различных температур.

Газ	$v_в$, м/с	$v_{ср}$, м/с, при температуре				$v_{кв}$, м/с
		0 °C	15 °C	20 °C	25 °C	
Азот	398	454	467	471	474	492
Аммиак	517	583	597	604	609	632
Аргон	338	381	391	395	398	414
Водород	1487	1693	1740	1755	1770	1838
Водяной пар	502	566	582	587	592	613
Воздух	394	447	459	463	647	485
Гелий	1064	1201	1230	1252	1256	1310
Кислород	377	425	437	440	444	461
Криптон	233	263	271	272	275	285
Ксенон	195	210	216	218	219	228
Метан	536	601	613	619	627	651
Неон	474	535	550	557	559	580
Оксид углерода (II)	402	454	463	471	475	492
» углерода (IV)	318	362	372	376	379	392
Пары ртути	151	170	174	176	177	184

135. Показатели различных степеней вакуума*

Показатели	Вакуум			
	низкий	средний	высокий	сверхвысокий
Диапазон давлений, Па	10^5—10^2	10^2—10^{-1}	10^{-1}—10^{-5}	Ниже 10^{-5}
мм рт. ст.	760—1	1—10^{-3}	10^{-3}—10^{-7}	Ниже 10^{-7}
Концентрация молекул, $см^{-3}$	10^{19}—10^{16}	10^{16}—10^{13}	10^{13}—10^{10}	10^{10} и менее
Средняя длина свободного пробега молекул воздуха (при $t=$ $=20$ °С), м	$6{,}2\cdot10^{-8}$— $4{,}7\cdot10^{-5}$	$4{,}7\cdot10^{-5}$— $4{,}7\cdot10^{-2}$	$4{,}7\cdot10^{-2}$— $4{,}7\cdot10^{2}$	Более 470

* Вакуум — состояние разреженного газа, заключенного в объеме, ограниченном стенками; вакууму обычно соответствует область давлений ниже 10^5 Па (ниже 760 мм рт. ст.). Свойства газа в вакууме зависят от соотношения средней длины свободного пробега l частиц (молекул) газа и линейного размера d, существенного для рассматриваемого процесса. (Линейным размером d, существенным для рассматриваемого процесса, можно, например, считать расстояние между электродами в электровакуумных приборах, расстояние между стенками вакуумного прибора и т. п.).

Степени вакуума условно характеризуются четырьмя областями. Низкий вакуум — вакуум, при котором средняя длина свободного пробега частиц во много раз меньше линейного размера, существенного для рассматриваемого процесса ($\frac{l}{d} \ll 1$). Низкому вакууму обычно соответствует область давлений выше 100 Па. Средний вакуум — вакуум, при котором средняя длина свободного пробега частиц соизмерима с линейным размером, существенным для рассматриваемого процесса ($\frac{l}{d} \approx 1$). Среднему вакууму обычно соответствует область давлений от 100 до 0,1 Па. Высокий вакуум — вакуум, при котором средняя длина свободного пробега частиц значительно превышает линейный размер, существенный для рассматриваемого процесса ($\frac{l}{d} \gg 1$). Высокому вакууму соответствует область давлений от 0,1 до 10^{-5} Па. Сверхвысокому вакууму обычно соответствует область давлений ниже 10^{-5} Па.

136. Концентрация n молекул газа при различных давлениях p (при $t=27$ °С)

p, Па (мм рт. ст.)	n, $см^{-3}$	p, Па (мм рт. ст.)	n, $см^{-3}$
100 000 (750)	$2{,}43\cdot10^{19}$	10^{-7} (10^{-9})	$3{,}24\cdot10^{7}$
133 (1)	$3{,}24\cdot10^{16}$	10^{-10} (10^{-12})	$3{,}24\cdot10^{4}$
0,133 (0,001)	$3{,}24\cdot10^{13}$	10^{-14} (10^{-16})	Несколько десятков
10^{-4} (10^{-6})	$3{,}24\cdot10^{10}$		

137. Температуры, встречающиеся в природе и технике, °С

Оптимальная температура воздуха в жилых комнатах:	
в холодный период года	19—21
в теплый » »	22—25
Температура плавления менделеевской замазки	45
Наиболее высокая температура воздуха, зарегистрированная на Земле (Триполи, Северная Африка, 1922 г.)	58

Температура обшивки фюзеляжа самолета при скорости полета 3200 км/ч	230—260
Температура водяного пара, поступающего на лопатки ротора мощных паровых турбин	≈ 560
Температура газа, поступающего на лопатки газовой турбины сверхзвукового самолета «Конкорд»	1100—1200
Температура горения:	
соломы	800
дров (влажностью 25%)	≈ 1000
напалма (смесь бензина с солями алюминия)	800—1000
антрацита	1300
термита (смесь алюминиевого порошка и оксида железа (III))	2300—2700
Температура пламени:	
спиртовой горелки	1000—1200
газовой »	1600—1850
паяльной газовой лампы	≈ 2200
водородно-кислородного	2800
ацетилено-водородного	2500—3500
Температура поверхности самой «холодной» звезды, изученной до сих пор (χ Лебедя)	1600
Температура вольфрамовой нити вакуумной электрической лампы накаливания	2000—2300
Температура вольфрамовой нити газополной электрической лампы накаливания	2530 и выше
Температура поверхности звезд Бетельгейзе, Антарес	2000—3500
Температура газов в камере сгорания современного ракетного двигателя	2200—3700
Температура кратера положительного угольного электрода горящей электрической дуги	4000
Температура фотосферы Солнца, поверхности звезды Капелла	≈ 6000
Температура поверхности звезд: λ Ориона, τ Ориона, ν Цефея, ξ Персея	$25\cdot10^3$—$50\cdot10^3$
Температура в центре Солнца	$10\cdot10^6$—$15\cdot10^6$
» » » звезды τ Ориона	$54\cdot10^6$
Наиболее низкие температуры, полученные в лабораториях:	
1935 г.*	—273, 1456 (0,0044 К)
1940—1950 гг.*	—273,14886 (0,00114 К)
1956 г.*	—273,14998 (0,00002 К)
1963 г.**	273,1499988 (0,0000012 К)
Температура кипения водорода	—252,87 (20,28 К)
» затвердевания водорода	—259,2 (14,0 К)
Наиболее низкая температура воздуха, зарегистрированная на Земле (Антарктика, научная станция «Восток», 1960 г.)	—88,3
Температура застывания тормозной жидкости	от —50 до —65
» » антифриза-40	—40
Температура фазового равновесия льда, воды и водяного пара (тройная точка воды)	0,01 (273,16 К)

* Использован метод адиабатического размагничивания парамагнетиков.
** Использован метод ядерного размагничивания.

138. Температурные шкалы

Температурная шкала, не зависящая от термометрического вещества, получила название термодинамической температурной шкалы (иногда ее называют «абсолютной шкалой температур» или «шкалой Кельвина»). Эта шкала была предложена английским физиком У. Томсоном (Кельвином) в середине XIX в. Термодинамическая шкала температур основывается на одной реперной точке — точке равновесия воды в твердой, жидкой и газообразной фазах («тройная точка воды», см. табл. 140). Термодинамическая температура обозначается символом T; единицей термодинамической температуры является кельвин (К). Для тройной точки воды принята температура 273,16 К. Кельвин — 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды.

Термодинамическая температура может быть выражена и в градусах Цельсия. В этом случае ее обозначают символом t и определяют выражением

$$t = T - T_0,$$

где $T_0 = 273,15$ К.

Единица температуры Цельсия — градус Цельсия (°С), он равен кельвину.

Осуществление термодинамической температурной шкалы вызывает большие экспериментальные трудности. Поэтому для практического осуществления термодинамической температурной шкалы в науке, технике, жизни широко используют Международную практическую температурную шкалу 1968 г. (МПТШ-68). В МПТШ-68 различают международную практическую температуру Кельвина (символ T_{68}) и международную практическую температуру Цельсия (символ t_{68}). Связь между этими температурами определяется формулой

$$t_{68} = T_{68} - 273,15 \text{ К}.$$

Единицами T_{68} и t_{68} являются соответственно кельвин (К) и градус Цельсия (°С) (как и для термодинамической температуры T и температуры Цельсия t). Индексы 68 ставятся лишь в тех случаях, когда необходимо отличить международную практическую температуру от термодинамической температуры.

Таким образом, температуры, выраженные в МПТШ, обозначают через t и сопровождают знаком °С или через T и сопровождают знаком К. Являясь практическим осуществлением термодинамической шкалы, МПТШ составляет часть Международной системы единиц (СИ), и градус МПТШ является практическим осуществлением одной из семи основных единиц системы СИ — кельвина. В обычных термометрах используется Международная практическая температурная шкала.

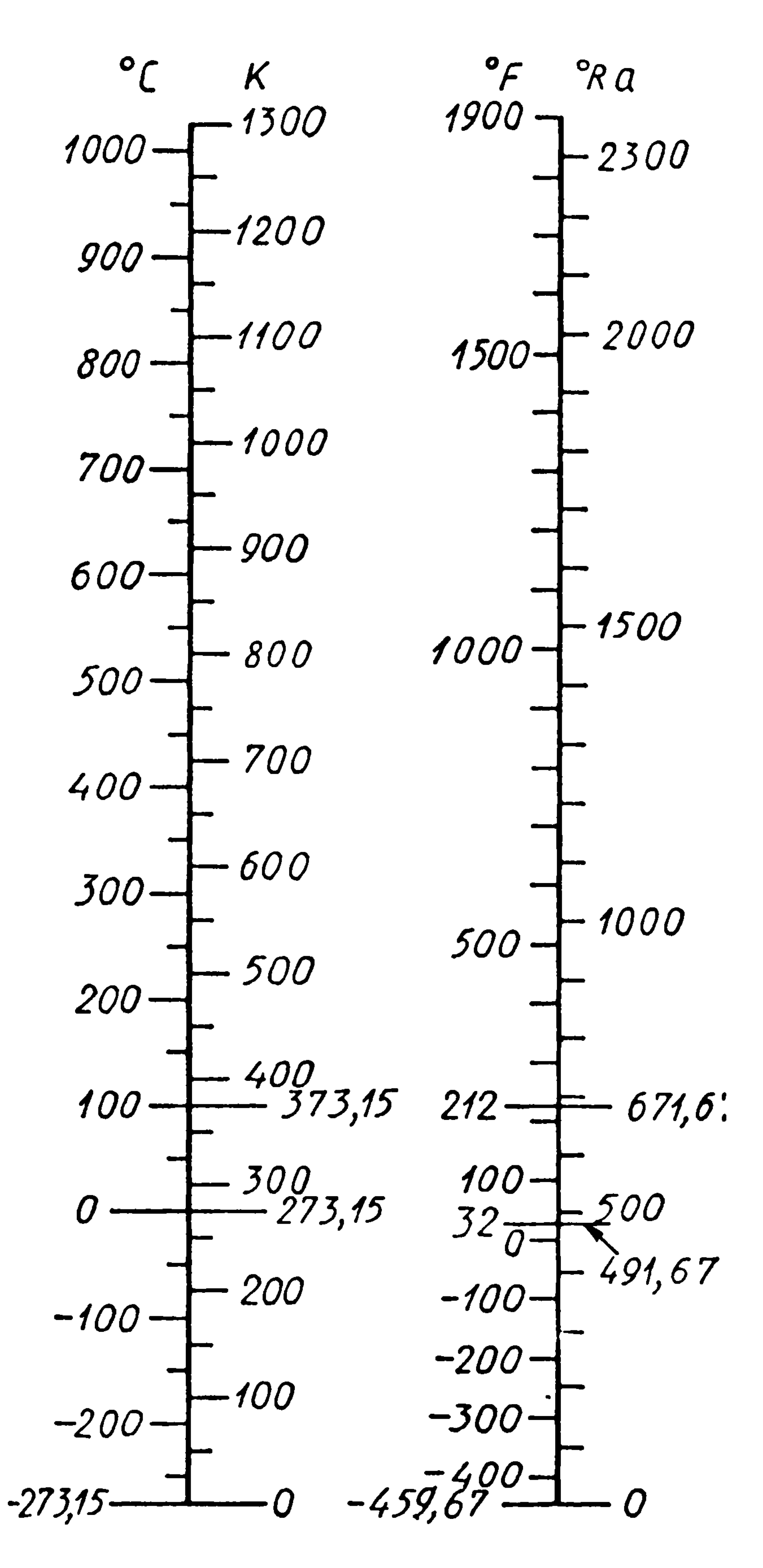


Рис. 2. Соотношения между единицами измерения температуры по различным температурным шкалам.

МПТШ-68 основана на значениях нескольких воспроизводимых температур — первичных (основных) и вторичных реперных (постоянных) точек, соответствующих состояниям равновесия между фазами ряда чистых веществ. Значения некоторых первичных и вторичных реперных (постоянных) точек МПТШ-68 приведены в табл. 139.

Международная практическая температурная шкала 1968 г. является удобно и точно воспроизводимой практической шкалой, столь близкой к термодинамической, сколь это возможно на современном уровне техники измерений.

Существуют и другие температурные шкалы. Немецкий физик Д. Фаренгейт в 1715 г. создал ртутный термометр и предложил для построения термометрическую шкалу, в которой за 0° принята температура смеси снега и нашатыря, а за 96° — нормальная температура человеческого тела. Градус шкалы Фаренгейта обозначается °F, он равен 1/180 части температурного интервала между точкой таяния льда и точкой кипения воды. По этой шкале 0 °C = 32 °F, 100 °C = 212 °F. Шкала Фаренгейта до сих пор сохраняется в США и некоторых других странах.

Пересчет температуры из шкалы Фаренгейта в шкалу Цельсия производится по уравнению $t = 5/9\,(F - 32)$,

где t и F — температуры соответственно по шкалам Цельсия и Фаренгейта.

Шотландский инженер и физик У. Ранкин (1820—1872) предложил температурную шкалу, в которой размер градуса равен градусу Фаренгейта, но отсчет ведется от абсолютного нуля температуры. Нижняя граница шкалы Ранкина — абсолютный нуль (0 °Ra), температура таяния льда равна 491,67 °Ra, температура кипения воды 671,67 °Ra.

Соотношения между единицами измерения температуры по разным температурным шкалам показаны на рисунке 2.

139. Постоянные точки международной практической температурной шкалы 1968 г. (МПТШ-68)

Международная практическая температурная шкала 1968 г. основывается на значениях температур, присвоенных нескольким хорошо воспроизводимым основным реперным (постоянным) точкам. Эти точки воспроизводят в лабораторных условиях на эталонных приборах, осуществляя состояния равновесия между фазами чистых веществ.

Кроме того, для практического воспроизведения отдельных участков шкалы температур определен ряд вторичных реперных температурных точек. Эти вторичные реперные (постоянные) точки также установлены на основе тщательных лабораторных измерений. Вторичные реперные температурные точки шкалы МПТШ-68, как и основные, представляют собой температуры равновесия двух или трех фаз ряда чистых веществ.

Присвоенные значения температур основных и вторичных реперных (постоянных) точек действительны при нормальном атмосферном давлении (101 325 Па), за исключением тройной точки воды.

Определяющие (основные) постоянные точки международной практической температурной шкалы

Состояние равновесия	Присвоенные значения международной практической температуры	
	K	°C
Равновесие между жидкой и парообразной фазами равновесного водорода (точка кипения водорода)	20,28	−252,87
Равновесие между жидкой и парообразной фазами неона (точка кипения неона)	27,102	−246,048
Равновесие между жидкой и парообразной фазами кислорода (точка кипения кислорода)	90,188	−182,962

Продолжение

Состояние равновесия	Присвоенные значения международной практической температуры	
	K	°C
Равновесие между твердой, жидкой и парообразной фазами воды (тройная точка воды*)	273,16	0,01
Равновесие между жидкой и парообразной фазами воды (точка кипения воды*)	373,15	100
Равновесие между твердой и жидкой фазами цинка (точка затвердевания цинка)	692,73	419,58
Равновесие между твердой и жидкой фазами серебра (точка затвердевания серебра)	1235,08	961,93
Равновесие между твердой и жидкой фазами золота (точка затвердевания золота)	1337,58	1064,43
Равновесие между твердой и жидкой фазами олова (точка затвердевания олова)	505,1181	231,9681

* Применяемая вода должна иметь изотопический состав воды океанов.

Вторичные реперные точки международной практической температурной шкалы

Состояние равновесия	Присвоенные значения международной практической температуры	
	K	°C
Равновесие между жидкой и парообразной фазами азота (точка кипения азота)	77,348	—195,802
Равновесие между твердой и жидкой фазами ртути (точка затвердевания ртути)	234,288	—38,862
Равновесие между твердой и жидкой фазами индия (точка затвердевания индия)	429,784	156,634
Равновесие между твердой и жидкой фазами висмута (точка затвердевания висмута)	544,592	271,442
Равновесие между твердой и жидкой фазами кадмия (точка затвердевания кадмия)	594,258	321,108
Равновесие между твердой и жидкой фазами свинца (точка затвердевания свинца)	600,652	327,502
Равновесие между жидкой и парообразной фазами ртути (точка кипения ртути)	629,81	356,66
Равновесие между жидкой и газообразной фазами серы (точка кипения серы)	717,824	444,674
Равновесие между твердой и жидкой фазами сурьмы (точка затвердевания сурьмы)	903,89	630,74
Равновесие между твердой и жидкой фазами алюминия (точка затвердевания алюминия)	933,607	660,457
Равновесие между твердой и жидкой фазами меди (точка затвердевания меди)	1358,03	1084,88
Равновесие между твердой и жидкой фазами никеля (точка затвердевания никеля)	1728	1455

Состояние равновесия	Присвоенные значения международной практической температуры	
	К	°С
Равновесие между твердой и жидкой фазами кобальта (точка затвердевания кобальта)	1767	1494
Равновесие между твердой и жидкой фазами палладия (точка затвердевания палладия)	1827	1554
Равновесие между твердой и жидкой фазами платины (точка затвердевания платины)	2042	1769
Равновесие между твердой и жидкой фазами родия (точка затвердевания родия)	2236	1963
Равновесие между твердой и жидкой фазами иридия (точка затвердевания иридия)	2720	2447
Равновесие между твердой и жидкой фазами вольфрама (точка затвердевания вольфрама)	3694	3421

140. Тройная точка для некоторых веществ

Вещество	Температура тройной точки		Давление насыщенного пара в тройной точке		
	К	°С	Па	мм рт. ст.	атм
Азот	63,15	—210,00	12 532	94	0,124
Аммиак	195,42	—77,73	6 080	45,6	0,060
Ацетилен	192,4	—81,0	128 250	962	1,27
Ацетон	178,9	—94,3	2,1	0,017	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Вода	273,16	0,01	610	4,58	$6,02 \cdot 10^{-3}$
Водород	13,95	—259,20	7 200	54	0,07
Кислород	54,352	—218,798	146,7	1,1	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Криптон	115,77	—157,38	73 060	548	0,72
Метан	90,66	—182,49	11 666	87,5	0,115
Неон	24,54	—248,61	43 300	324,8	0,43
Оксид углерода (II)	68,09	—205,06	15 370	115,3	0,152
Оксид углерода (IV) . .	216,55	—56,60	$51,7 \cdot 10^4$	3 880	5,11
Хлор	172,16	—100,99	1 467	11	$1,5 \cdot 10^{-2}$
Фтор	53,48	—219,67	253	1,9	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Эфир этиловый	152,9	—110,3	0,83	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-6}$

Примечание. Тройная точка воды — точка равновесия воды в твердой, жидкой и газообразной фазах — принята в качестве основной реперной точки термодинамической шкалы температур, ей присвоена температура 273,16 К (точно). Тройная точка воды реализуется в пространстве над водой со льдом, находящейся в запаянном сосуде. Температура тройной точки не зависит от массовых долей находящихся в равновесии газа, жидкости и льда. Температуру тройной точки воды можно поддерживать в течение длительного времени и воспроизводить ее с высокой степенью точности — абсолютная погрешность воспроизведения этой температуры составляет 10^{-4}—$2 \cdot 10^{-4}$ °С. Ни одна другая постоянная точка температурной шкалы не обладает такой хорошей воспроизводимостью. Так, погрешность воспроизведения точки кипения воды составляет 0,002—0,01 °С, точки таяния льда 0,0002—0,001 °С, а тройной точки воды 0,0001 °С.

141. Температура атмосферы на различной высоте *h* над Землей

h, м	Температура		*h*, м	Температура	
	K	°C		K	°C
0	288,15	15,00	6 000	249,19	−23,96
50	287,82	14,67	7 000	242,70	−30,45
100	287,50	14,35	8 000	236,22	−36,93
150	287,17	14,02	9 000	229,73	−43,42
200	286,85	13,70	10 000	223,25	−49,90
300	286,20	13,05	от 11 050 до 20 050	216,65	−56,50
400	285,55	12,40			
500	284,90	11,75	30 000	226,51	−46,64
600	284,25	11,10	40 000	250,35	−22,80
700	283,60	10,45	50 000	270,65	−2,50
800	282,95	9,80	60 000	247,02	−26,13
900	282,30	9,15	70 000	219,58	−53,57
1000	281,65	8,50	80 000	198,64	−74,51
2000	275,15	2,00	90 000	186,65	−86,50
3000	268,66	−4,49	100 000	196,60	−76,55
4000	262,17	−10,98	120 000	334,42	61,27
5000	255,68	−17,47			

Примечания. 1. Данные таблицы соответствуют стандартной атмосфере (см. сноску в табл. 23)
2 Данные о плотности и давлении атмосферы на различной высоте см. в табл 23, 59.
3. Данные о строении атмосферы см в табл. 341

Зависимость температуры *T* атмосферы от высоты *h* представлена на рисунке 3.

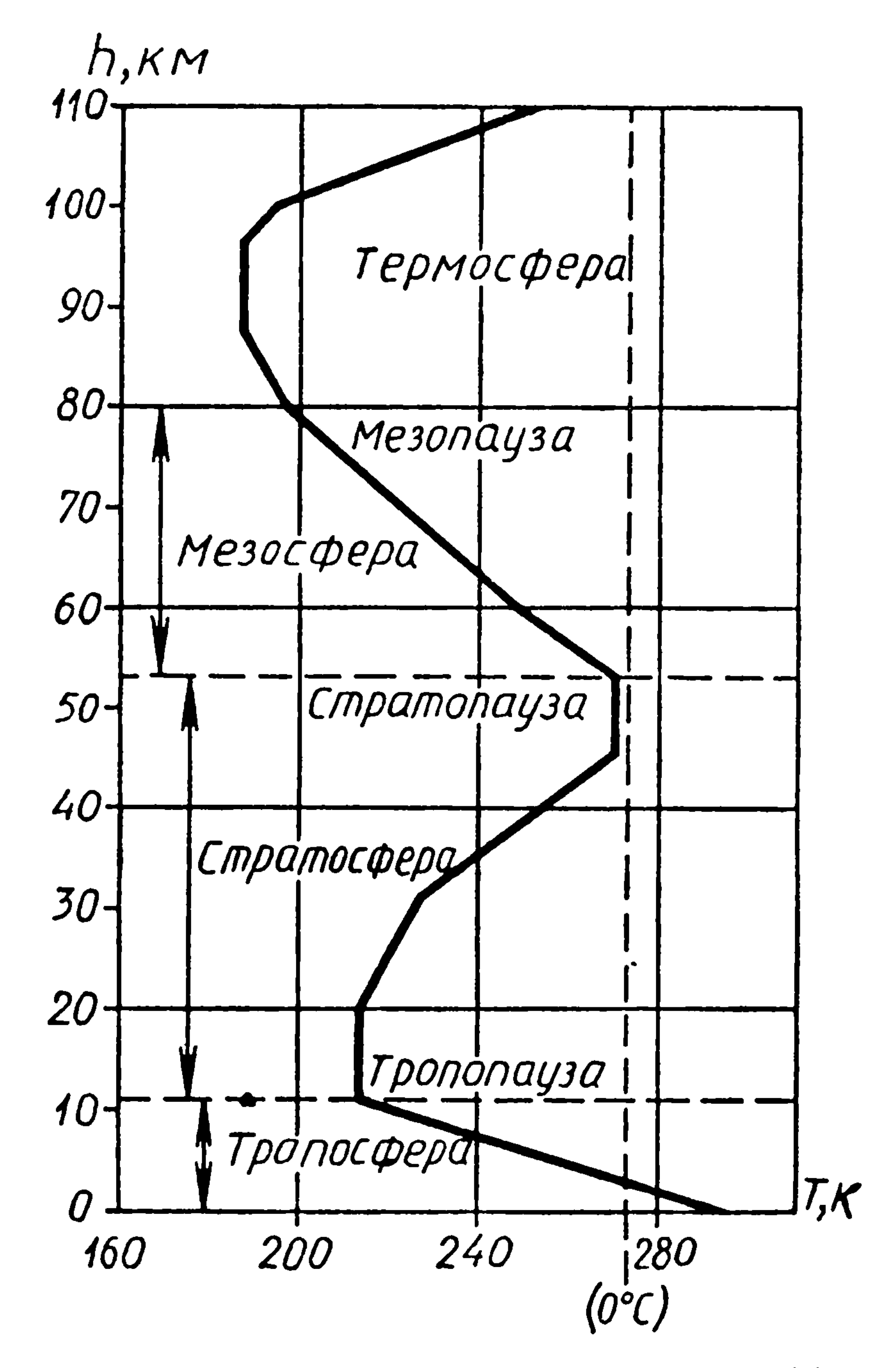


Рис. 3. Температура атмосферы на различной высоте.

142. Примерные температуры воздуха, сжимаемого без охлаждения

Конечное давление воздуха, МПа (ат)	Конечная температура воздуха, °С	Конечное давление воздуха, МПа (ат)	Конечная температура воздуха, °С
0,1 (1)	20	0,6 (6)	214
0,2 (2)	85	0,7 (7)	235
0,3 (3)	124	0,8 (8)	254
0,4 (4)	160	0,9 (9)	271
0,5 (5)	190	1,0 (10)	288

143. Температура газа в цилиндре двигателя внутреннего сгорания

Процесс	Температура, °С	Процесс	Температура, °С
Карбюраторный д.в.с.		*Дизельный д.в.с.*	
Конец процесса впуска	50—80	Конец процесса впуска	30—50
» » сжатия	250—300	» » сжатия	600—700
» » сгорания	≈2500	» » сгорания	2000—2200
» » расширения	900—1400	» » расширения	700—900

Примечание. Значения давления в цилиндре д. в. с. см. в табл. 64.

144. Температура газа в турбореактивном двигателе (примерные значения)

Показатели	Температура, °С	Скорость, м/с
Воздух (на уровне земли)	15	0
» на входе в компрессор двигателя	—1	180
» на выходе из компрессора	257	125
Газ на входе в газовую турбину	850	176
Газ на выходе из газовой турбины	600	317
» » » » реактивного сопла	510	550

Примечание. Значения давления газа в турбореактивном двигателе см. в табл. 65.

145. Температура замерзания водно-спиртовых растворов

Массовая доля безводного спирта, %	Температура замерзания, °С	Массовая доля безводного спирта, %	Температура замерзания, °С
11,3	—5,0	39,0	—28,7
20,3	—10,6	46,3	—33,9
24,2	—14,0	56,1	—41,0
29,9	—18,9	71,9	—51,3
33,8	—23,6	100	—114,7

146. Температура замерзания растворов некоторых солей

В таблице приняты обозначения: $t_з$ — температура замерзания раствора соли, ρ — плотность раствора при $t = 10$ °C.

ρ, кг/м³	Раствор хлорида натрия NaCl		Раствор хлорида кальция $CaCl_2$		Раствор хлорида магния $MgCl_2$	
	Число граммов соли в 100 г воды	$t_з$, °C	Число граммов соли в 100 г воды	$t_з$, °C	Число граммов соли в 100 г воды	$t_з$, °C
1010	1,5	−0,9	1,3	−0,6	1,4	−0,7
1020	3,0	−1,8	2,6	−1,2	2,7	−1,4
1030	4,5	−2,6	3,7	−1,8	3,9	−2,2
1040	5,9	−3,5	5,0	−2,4	5,2	−3,1
1050	7,5	−4,4	6,3	−3,0	6,5	−4,0
1060	9,0	−5,4	7,6	−3,7	7,8	−5,0
1070	10,6	−6,4	9,0	−4,4	9,1	−6,0
1080	12,3	−7,5	10,4	−5,2	10,4	−7,2
1090	14,0	−8,6	11,7	−6,1	11,7	−8,7
1100	15,7	−9,8	13,0	−7,1	13,1	−10,3
1110	17,5	−11,0	14,4	−8,1	14,5	−12,3
1120	19,3	−12,2	15,9	−9,1	16,0	−14,5
1130	21,2	−13,6	17,3	−10,2	17,5	−17,1
1140	23,1	−15,1	18,8	−11,4	19,1	−19,9
1150	25,0	−16,0	20,2	−12,7	20,5	−22,9
1160	26,9	−18,2	21,7	−14,2	22,0	−26,0
1170	29,0	−20,0	23,3	−15,7	23,6	−29,1
1180			24,9	−17,4	25,2	−32,2

147. Охлаждающие смеси

В таблице приводится состав некоторых употребительных охлаждающих смесей и примерное значение понижения температуры, которое они дают.

Состав смеси (массовые доли)	Понижение температуры, °C	Состав смеси (массовые доли)	Понижение температуры, °C
Вода (16 ч.) + хлорид аммония (5 ч.) + нитрат калия (5 ч.)	на 12	Лед (4 ч.) + хлорид кальция, водный (5 ч.)	на 40
Лед илн снег (2 ч.) + поваренная соль (1 ч.)	на 20	Лед (3 ч.) + карбонат калия (4 ч.)	на 46
Вода (1 ч.) + карбонат натрия (1 ч.) + нитрат аммония (1 ч.)	на 22	Вода (1 ч.) + нитрат аммония (1 ч.)	на 50
Лед или снег (5 ч.) + поваренная соль (2 ч.) + нитрат аммония (1 ч.)	на 25	Лед (16 ч.) + нитрат аммония (5 ч.) + селитра (5 ч.) + + сульфат натрия (8 ч.) . .	на 15

148. Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
1	100	83	65	48	32	16	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
3	100	84	69	54	39	24	10	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
5	100	86	72	58	45	32	19	6	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
7	100	87	74	61	49	37	26	14	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
9	100	88	76	64	53	42	34	21	11	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Пример. Сухой термометр показывает 21 °С, а влажный 18 °С, т. е. разность их показаний равна 3 °С. В соответствующей графе таблицы находим, что в данном случае относительная влажность воздуха составляет 75%.

149. Давление p и плотность ρ насыщенного водяного пара при различной температуре t

t, °C	p		ρ, г/м³	t, °C	p		ρ, г/м³
	кПа	мм рт. ст.			кПа	мм рт. ст.	
—20	0,103	0,772	0,88	16	1,817	13,63	13,65
—10	0,259	1,95	2,14	17	1,937	14,53	14,50
—5	0,401	3,01	3,25	18	2,062	15,47	15,39
—4	0,437	3,28	3,53	19	2,196	16,47	16,32
—3	0,463	3,47	3,83	20	2,337	17,53	17,32
—2	0,517	3,88	4,14	21	2,486	18,65	18,35
—1	0,563	4,22	4,49	22	2,642	19,82	19,44
0	0,611	4,58	4,85	23	2,809	21,07	20,60
1	0,656	4,92	5,20	24	2,984	22,38	21,81
2	0,705	5,59	5,57	25	3,168	23,76	23,07
3	0,757	5,68	5,95	26	3,361	25,21	24,40
4	0,813	6,10	6,37	27	3,565	26,74	25,79
5	0,872	6,54	6,80	28	3,780	28,35	27,26
6	0,935	7,01	7,27	29	4,005	30,04	28,7
7	1,005	7,54	7,70	30	4,242	31,82	30,3
8	1,072	8,04	8,28	40	7,376	55,32	51,2
9	1,148	8,61	8,83	50	12,333	92,51	83,2
10	1,227	9,20	9,41	60	19,915	149,38	130,5
11	1,312	9,84	10,02	70	31,158	233,71	198,4
12	1,401	10,51	10,67	80	47,302	355,12	354,1
13	1,497	11,23	11,36	90	70,093	525,76	424,1
14	1,597	11,98	12,08	100	101,325	760,00	598,0
15	1,704	12,78	12,84	200	1555	11 664	7099

150. Давление p насыщенного пара некоторых веществ при различной температуре t

t, °C	Вода	Оксид углерода (IV)	Ртуть	Спирт	Фреон-12	Хлористый этил	Эфир
	p, кПа (мм рт. ст.)						
−20	0,1 (0,8)	1970,6 (14 781)	—	0,44 (3,3)	151,1 (1133)	25,3 (190)	8,8 (66)
0	0,61 (4,6)	3485,3 (26 142)	0,00005 (0,0004)	1,6 (12)	308,9 (2317)	61,3 (460)	24,7 (185)
20	2,33 (17,5)	5727,4 (42 959)	0,00024 (0,0018)	5,9 (44)	566,9 (4252)	133,3 (1020)	58,7 (440)
40	7,33 (55,0)	7314,0 (54 086)*	0,001 (0,008)	17,9 (134)	904,7 (6786)	262,6 (1970)	122,8 (921)
60	19,9 (149)	—	0,0033 (0,025)	46,7 (350)	1520,0 (11 401)	353,3 (2650)**	231,2 (1734)
80	47,3 (355)	—	0,012 (0,09)	108,4 (813)	2353,5 (17 653)	—	396,5 (2974)
100	101,3 (760)	—	0,037 (0,28)	226,4 (1698)	3293,6 (24 714)	—	647,3 (4855)
120	198,5 (1489)	—	0,10 (0,76)	430,9 (3232)	—	—	1001,6 (7513)
140	361,4 (2711)	—	0,24 (1,89)	755,4 (5666)	—	—	1473,3 (11 051)
160	618,1 (4636)	—	0,57 (4,3)	1248,6 (9366)	—	—	2103,5 (15 778)
180	1003 (7521)	—	1,19 (8,9)	1959,8 (14 763)	—	—	2903,1 (21 775)

* При 30 °C.
** При 50 °C.

151. Температурный коэффициент линейного расширения металлов и сплавов

В таблице приведены средние значения температурного коэффициента линейного расширения α некоторых металлов и сплавов при температуре 20 °С и в интервалах температур от 0 до 100 °С и от 0 до 600 °С.

Металл, сплав	α, 10^{-6} °С$^{-1}$ при температуре		
	20 °С	0—100 °С	0—600 °С
Алюмель	13,7		
Алюминий	22,4	23,8	29
Бронзы	17,0—19,6		
Висмут	13,4	13,4	—
Вольфрам	4,5	4,5	4,7
Железо	11,7	12,2	14,5
Золото	14,2	14,3	15,5
Инвар		1,5	
Иридий	6,5	6,5	7,4
Кадмий	30	30,4	
Калий		83 (в интервале температур от 0 до 50 °С)	
Кобальт	12,3	12,5	
Константан	14,4	15,2	
Копель	14,0		
Латуни	17,0—21,2		
Литий	56,0	60,0	
Магний	25,4	26,0	31,7
Манганин	16,0	17,5	
Марганец	22,3		24,0
Медь	16,2	17,1	18,9
Молибден	5,2	5,2	5,7
Нейзильбер	18,4		
Никель	12,6	13,6	15,6
Ниобий	7,1		
Нихром	13,0		
Олово	21,4	26,2	
Платина	8,9	9,1	9,6
Платиноиридиевый сплав	8,7	9,0	
Свинец	27,6	29,2	
Серебро	19,5	19,6	21,0
Сталь (0,05% С)	11	12,0	14,2
Сурьма	9,8	10,8	
Тантал	6,3	6,5	
Титан	8,4		10,0
Хром	6,2	6,6	9,2
Цинк	28,4	32	
Цирконий		5,5 (в интервале температур от 20 до 200 °С)	6,9 (в интервале температур от 20 до 400 °С)
Чугун		10,0	

152. Температурный коэффициент линейного расширения твердых веществ

В таблице приведены средние значения температурного коэффициента линейного расширения α для различных твердых веществ.

Вещество	Температура или интервал температур, °С	α, 10^{-6} °С$^{-1}$
Алмаз	1—100	1,2
Бетон	20	10—14
Бумага	0—50	10
Гранит	20	6—9
Графит	0—1000	3,5—8,0
Дерево:		
дуб параллельно волокнам	2—34	4,9
дуб перпендикулярно волокнам	2—34	54,4
сосна параллельно волокнам	2—34	5,4
сосна перпендикулярно волокнам	2—34	34
типичные значения параллельно волокнам	20—100	3—5
то же перпендикулярно волокнам	20—100	35—60
Изумруд	0—85	1,0—1,4
Каменная соль	40	40,4
Камфора	—	—
Кирпич	20	3—9
Лед	—20—0	51
Мрамор	20	3—15
Парафин	0—38	130
Плексиглас	20	71—77
Полистирол	20	60—80
Полиэтилен	0—50	100—200
Стекло кварцевое	20—200	0,56
Стекло оконное	20—200	9,5
Фарфор	20—700	3,4—4,1
Фторопласт	20	100
Целлулоид	20—40	74
Шифер	20	6—12
Эбонит	20	70
Янтарь	0—75	57

153. Температурный коэффициент объемного расширения жидкостей

В таблице приведены значения температурного коэффициента объемного расширения β жидкостей при температуре 20 °С (если не указана иная температура).

Жидкость	β, 10^{-6} °С$^{-1}$	Жидкость	β, 10^{-6} °С$^{-1}$
Анилин	858	Бензол	1237
Ацетон	1487	Бром	1113
Бензин авиационный (Б-70)	1100	Вода	208
		Глицерин	505

Жидкость	β, 10^{-6} °C^{-1}	Жидкость	β, 10^{-6} °C^{-1}
Керосин (в интервале температур от 0 до 100 °C)	900	Серная кислота (100%)	570
Мазут (в интервале температур от 0 до 100 °C)	600	Сероуглерод	1210
Нефть (в интервале температур от 0 до 100 °C)	700—1000	Скипидар	973
Раствор хлорида натрия в воде (26%-ный)	436	Спирт метиловый	1220
Ртуть	181	» этиловый	1100
Ртуть (в интервале температур от 0 до 100 °C)	182	Толуол	1099
		Топливо для реактивных двигателей пассажирских самолетов	
		марки Т-1	940
		марки ТС-1	980
		Трансформаторное масло	600
		Хлороформ	1273
		Эфир этиловый	1650

Примечание. См. также табл. 154, 158.

154. Температурный коэффициент объемного расширения β воды

β при различных температурах

Температура воды, °C	β, 10^{-6} °C^{-1}	Температура воды, °C	β, 10^{-6} °C^{-1}
0	—63	50	460
1	—49	60	530
2	—31	80	630
3	—15	90	700
4	0,0	100	750
5	17	150	1030
10	95	200	1350
20	208	300	2950
30	300	340	4750
40	390		

Средние значения β для температурных интервалов

Температурный интервал, °C	β, 10^{-6} °C^{-1}	Температурный интервал, °C	β, 10^{-6} °C
5—10	53	40—60	458
10—20	150	60—80	587
20—40	320		

155. Температурный коэффициент объемного расширения β льда

Температура, °C	β, °C⁻¹	Температура, °C	β, °C⁻¹
−20	0,000123	−5	0,000233
−15	0,000128	0	0,000276
−10	0,000171	от −20 до 0 °C	0,000155

156. Температурный коэффициент объемного расширения β газов

Значения β даны в интервале температур 0—100 °C при нормальном атмосферном давлении.

Газ	β, °C⁻¹	Газ	β, °C⁻¹	Газ	β, °C⁻¹
Азот	0,003672	Воздух	0,003665	Оксид углерода (IV)	0,003726
Аргон	0,003676	Гелий	0,00366	Оксид углерода (II)	0,003667
Ацетилен	0,003726	Кислород	0,003672		
Водород	0,003664				

157. Температурный коэффициент объемного расширения β сжиженных газов

Сжиженный газ	Температурный интервал		β, °C⁻¹
	K	°C	
Азот	от 68 до 89	от −205 до −184	0,00588
Аммиак	от 223 до 273	от −50 до 0	0,00193
Аргон	от 84 до 90	от −189 до −183	0,00588
Водород	от 14 до 20,39	от −259 до −252,76	0,0126
Кислород	от 68 до 89	от −205 до −184	0,00385
Оксид углерода (II)	от 68 до 89	от −205 до −184	0,00491
Хлор	от 171 до 306,8	от −102 до 33,6	0,00141

158. Удельная теплоемкость газов

Значения удельных теплоемкостей некоторых газов при постоянном давлении c_p и постоянном объеме c_v приведены для температуры 20 °C и давления 101 325 Па (1 атм).

Газ	c_p		c_V		c_p/c_V
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	
Азот	1,051	0,251	0,745	0,178	1,40
Аммиак	2,244	0,536	1,675	0,400	1,31
Аргон	0,523	0,125	0,322	0,077	1,67
Ацетилен	1,683	0,402	1,352	0,323	1,25
Водород	14,269	3,408	10,132	2,42	1,41
Воздух	1,009	0,241	0,720	0,172	1,40
Гелий	5,296	1,265	3,182	0,760	1,66
Кислород	0,913	0,218	0,653	0,156	1,40
Криптон	0,251	0,060	0,151	0,036	1,67
Ксенон	0,159	0,038	0,096	0,023	1,70
Метан	2,483	0,593	1,700	0,406	1,31
Неон	1,038	0,248	0,620	0,148	1,68
Оксид азота (I)	0,913	0,218	0,715	0,171	1,27
Оксид азота (II)	0,976	0,233	0,695	0,166	1,40
Оксид серы (IV)	0,645	0,154	0,502	0,120	1,29
Оксид углерода (II)	1,047	0,250	0,754	0,180	1,40
Оксид углерода (IV)	0,837	0,200	0,653	0,156	1,30
Пропан	1,863	0,445	1,650	0,394	1,13
Хлор	0,520	0,124	0,356	0,085	1,36
Этан	1,729	0,413	1,444	0,345	1,20
Этилен	1,528	0,365	1,222	0,292	1,25
Сероводород	1,026	0,245	0,804	0,192	1,34

159. Удельная теплоемкость c_p воздуха при различных температурах t и давлении p

p	t, °C									
	—50		0		50		100		200	
	c_p									
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
0,1 МПа (1 ат)	1,013	0,242	1,005	0,240	1,013	0,242	1,022	0,244	1,034	0,247
2,0 МПа (20 ат)	1,068	0,255	1,042	0,249	1,038	0,248	1,034	0,247	1,043	0,249
10 МПа (100 ат)	1,365	0,326	1,189	0,284	1,139	0,272	1,110	0,265	1,072	0,256
22 МПа (220 ат)	1,583	0,378	1,331	0,318	1,239	0,296	1,189	0,284	1,122	0,268

160. Удельная теплоемкость воздуха при различной температуре t и нормальном атмосферном давлении

t, °C	c_p		c_V	
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
0	1,005	0,240	0,716	0,171
100	1,010	0,241	0,720	0,172
200	1,024	0,245	0,737	0,176
300	1,046	0,250	0,758	0,181
500	1,092	0,261	0,804	0,192
800	1,154	0,276	0,867	0,207
1000	1,184	0,283	0,896	0,214
1500	1,235	0,295	0,946	0,226
2000	1,265	0,302	0,980	0,234
3000	1,302	0,311	...	...

Примечание. Среднее значение c_p сухого воздуха в интервале температур от —120 до 400 °С при нормальном атмосферном давлении равно 1,00 кДж/(кг·К) [0,24 ккал/(кг·°С)], а в интервале температур от 0 до 1400 °С—1,03 кДж/(кг·К) [0,25 ккал/(кг·°С)].

Среднее значение c_V сухого воздуха в интервале температур от 0 до 1500 °С равно 0,84 кДж/(кг·К) [0,20 ккал/(кг·°С)].

Отношение c_p/c_V в интервале температур от 0 до 100 °С равно 1,4.

161. Удельная газовая постоянная R_0

Газ	R_0		Газ	R_0	
	Дж/(кг·К)	кгс·м/(кг·°С)		Дж/(кг·К)	кгс·м/(кг·°С)
Азот	296,75	30,26	Озон	173,38	17,68
Аммиак	488,18	49,78	Оксид азота (I)	188,88	19,26
Аргон	208,20	21,23	Оксид азота (II)	277,14	28,26
Ацетилен	319,60	32,59	Оксид серы (IV)	129,84	13,24
Водород	4142,28	420,56	Оксид углерода (II)	296,95	30,28
Воздух	287,04	29,27	Оксид углерода (IV)	188,97	19,27
Гелий	2079,01	212,00	Пропан	188,78	19,25
Кислород	259,78	26,49	Сероводород	244,19	24,90
Криптон	100,32	10,23	Хлор	117,29	11,96
Ксенон	63,84	6,51	Этан	276,74	28,22
Метан	518,77	52,90	Этилен	296,65	30,25
Неон	411,68	41,98	Фтор	218,69	22,30

162. Удельная теплоемкость c_p водяного пара при различных температуре t и давлении p

t, °C	p		c_p		t, °C	p		c_p	
	МПа	ат	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)		МПа	ат	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
100	0,101	1,03	2,14	0,51	300	8,59	87,6	6,28	1,50
150	0,475	4,85	2,39	0,57	350	16,6	169	16,24	3,88
200	1,56	15,9	2,97	0,71	370	21,1	215	56,52	13,5
250	3,98	40,6	3,98	0,95	374,15	22,129	225,65	∞	∞

163. Удельная теплоемкость c_p сжиженных газов

Жидкий газ	Температура		c_p	
	К	°С	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Азот	77,4*	−195,8*	2,001	0,480
Аммиак	233	−40	4,413	1,054
»	239,8*	−33,4*	4,438	1,060
»	273	0	4,601	1,099
»	393	20	4,714	1,126
Аргон	87,3*	−185,9*	1,011	0,263
»	101,0	−172,2	1,114	0,266
Водород	15,8	−257,4	7,411	1,770
»	20,26*	−252,77*	9,377	2,240
»	21,4	−251,8	9,754	2,330
Воздух	81	−192	2,052	0,490
Гелий	4,2*	−268,9*	4,270	1,020
Кислород	57	−216	1,674	0,400
»	90,2*	−183,0*	1,700	0,406
Метан	95,6	−177,7	2,341	0,798
»	111,7*	−161,5*	3,454	0,825
»	149,6	−123,6	3,860	0,922
Неон	27,10*	−246,05*	1,591	0,380
Серы оксид (IV)	93	−180	1,700	0,406
» » »	253	−20	1,310	0,313
» » »	273	0	1,331	0,318
» » »	293	20	1,369	0,318
Углерода оксид (II)	70,2	−203,0	2,306	0,551
» » »	81,4	191,8	2,373	0,567

* Температура кипения.

164. Удельная теплоемкость *c* жидкостей

Жидкость	Температура, °С	*c*	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Азотная кислота (100%)	20	1,72	0,41
Анилин	0	2,018	0,482
»	20	2,641	0,493
»	50	2,144	0,512
Ацетон	0	2,114	0,505
»	20	2,160	0,516
Бензин	10	1,42	0,34
»	50	2,09	0,50
Бензин авиационный Б-70	20	2,05	0,49
Вода	20	4,182	0,999
» морская	17	3,936	0,940
» тяжелая	20	4,208	1,005
Водный раствор хлорида натрия (25%-ный)	20	3,3	0,8
Гидроксид аммония	20	4,61	1,10
Глицерин	20	2,43	0,58
Керосин	20—100	2,085	0,498
Кефир	20	3,77	0,90
Масло касторовое	20	2,219	0,530
» кукурузное	20	1,733	0,414
» подсолнечное рафинированное	20	1,775	0,424
Масло трансформаторное	0—100	1,88	0,45
» хлопковое рафинированное	20	1,737	0,415
Мед	20	2,428	0,580
Молоко сгущенное с сахаром	15	2,261	0,540
» снятое	20	3,977	0,950
» цельное	20	3,936	0,940
» »	50	3,969	0,948
Нафталин расплавленный	80—90	1,683	0,402
Пиво	20	3,94	0,94
Ртуть	0	0,1465	0,0350
»	20	0,1390	0,0332
»	100	0,1373	0,0328
»	300	0,1359	0,0327
Серная кислота (100%)	20	1,38	0,33
Сероуглерод	20	1,00	0,24
Скипидар	20	1,800	0,43
Сливки (35% жирности)	20	3,517	0,840
Сметана	20	3,01	0,72
Спирт метиловый	0	2,43	0,58
» »	20	2,47	0,59
Спирт этиловый	100	2,01	0,48
» »	0	2,30	0,55
» »	20	2,47	0,59
» »	50	2,81	0,67
Сыворотка	15	4,082	0,975
Топливо Т-1 и ТС-1 (для реактивных двигателей пассажирских самолетов)	20	2,01	0,48
Фреон-12	20	0,84	0,20
Эфир этиловый	100	2,01	0,48
» »	20	2,34	0,56

Примечание. См. также табл. 163, 165, 166.

165. Удельная теплоемкость c_p воды при различной температуре t

t, °C	c_p		t, °C	c_p	
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
0	4,212	1,006	60	4,178	0,998
10	4,191	1,001	70	4,187	1,000
20	4,183	0,999	80	4,195	1,002
30	4,174	0,997	90	4,208	1,005
40	4,174	0,997	100	4,220	1,008
50	4,174	0,997			

166. Удельная теплоемкость металлов в жидком состоянии

В таблице даны значения удельной теплоемкости c некоторых металлов в жидком состоянии при различной температуре t; для температурных интервалов приведены средние значения c в этих интервалах.

Металл	t, °C	c	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Алюминий	от 660,6 до 1000	1,084	0,259
Висмут	271,3	0,142	0,034
»	1000	0,176	0,042
Золото	от 1065 до 1300	0,142	0,034
Калий	100	0,812	0,194
»	800	0,787	0,188
Литий	от 200 до 1000	≈4,19	≈1,00
Магний	651	1,327	0,317
»	1120	1,432	0,342
Натрий	97,7	1,386	0,331
»	200	0,134	0,320
»	500	1,264	0,302
»	900	1,290	0,308
Олово	250	0,243	0,058
»	1100	0,318	0,076
Свинец	327,5	0,163	0,039
»	500	0,155	0,037
Серебро	от 961 до 1300	0,289	0,069
Цезий	28,5	0,251	0,060
Цинк	419,6	0,502	0,120
»	1000	0,423	0,101

167. Удельная теплоемкость некоторых химических элементов при различной температуре t

В таблице приведены значения удельной теплоемкости c химических элементов, находящихся при обычных условиях в твердом состоянии, а также значения средней удельной теплоемкости $c_{ср}$ этих элементов в интервале температур от 0 °С до указанной в таблице температуры. Например, для алюминия при температуре 20 °С $c=$ $=0,896$ кДж/(кг·К), а $c_{ср}=0,888$ кДж/(кг·К) в интервале температур от 0 до 20 °С.

Химический элемент	t, °C	c		$c_{ср}$	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Алюминий	—200	0,314	0,075	0,687	0,164
»	0	0,879	0,210	—	—
»	20	0,896	0,214	0,888	0,212
»	100	0,938	0,224	0,909	0,217
»	500	1,089	0,260	0,992	0,237
Бериллий	—100	0,837	0,200	1,277	0,305
»	0	1,658	0,396	—	—
»	20	1,750	0,418	1,704	0,407
»	200	2,240	0,535	1,989	0,475
Ванадий	20	0,502	0,120	—	—
Висмут	—200	0,100	0,024	0,113	0,027
»	0	0,123	0,029	—	—
»	20	0,123	0,029	0,123	0,029
»	200	0,134	0,032	0,127	0,030
Вольфрам	—200	0,067	0,016	0,109	0,026
»	0	0,134	0,032	—	—
»	20	0,134	0,032	0,134	0,032
»	1000	0,154	0,037	0,144	0,034
Железо	—200	0,134	0,032	0,335	0,080
»	0	0,440	0,105	—	—
»	20	0,452	0,108	0,444	0,106
»	100	0,486	0,116	0,465	0,111
»	500	0,678	0,162	0,557	0,133
»	1000	—	—	0,703	0,168
Золото	—200	0,088	0,021	0,117	0,028
»	0	0,129	0,031	—	—
»	20	0,129	0,031	0,129	0,031
»	100	0,131	0,0314	0,130	0,0311
»	1000	0,157	0,037	0,141	0,034
Кремний	—200	0,167	0,040	0,461	0,110
»	0	0,678	0,162	—	—
»	100	0,791	0,189	0,177	0,741
Магний	—200	0,544	0,13	0,20	0,837
»	0	1,001	0,239	—	—
»	100	1,068	0,255	1,034	0,247

Химический элемент	t, °C	c, кДж/(кг·К)	c, ккал/(кг·°С)	$c_{ср}$, кДж/(кг·К)	$c_{ср}$, ккал/(кг·°С)
Медь	—200	0,167	0,040	0,078	0,327
»	0	0,343	0,0906	0,364	0,087
»	20	0,383	0,0915	0,381	0,091
»	100	0,396	0,095	0,388	0,0926
»	500	0,439	0,105	0,408	0,0974
Натрий	—200	0,879	0,210	1,089	0,260
»	0	1,189	0,284	—	—
»	50	1,231	0,294	1,210	0,289
Никель	—200	0,151	0,036	0,348	0,083
»	0	0,442	0,106	—	—
»	100	0,467	0,115	0,452	0,108
»	700	0,544	0,130	0,523	0,125
Ниобий	0	0,268	0,064	—	—
»	1200	0,322	0,077	—	—
Олово	—100	0,209	0,050	0,218	0,052
»	0	0,225	0,054	—	—
»	200	0,243	0,058	0,234	0,056
Платина	—200	0,075	0,018	0,105	0,025
»	0	0,133	0,0317	—	—
»	100	0,136	0,0324	0,314	0,032
»	1200	0,163	0,039	0,036	0,149
Свинец	—200	0,109	0,026	0,120	0,029
»	0	0,128	0,0306	—	—
»	100	0,134	0,0320	0,131	0,031
»	300	0,142	0,0338	0,136	0,0325
Сера	—100	0,586	0,140	0,649	0,155
»	0	0,699	0,167	—	—
»	20	0,720	0,172	0,708	0,169
»	80	0,770	0,184	0,733	0,175
Серебро	—200	0,157	0,0375	0,211	0,0505
»	0	0,233	0,056	—	—
»	100	0,238	0,0568	0,235	0,0562
»	700	0,269	0,064	0,250	0,0597

Химический элемент	t, °C	c		$c_{ср}$	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Тантал	−200	0,084	0,020	0,121	0,029
»	0	0,137	0,0328	—	—
»	100	0,141	0,0336	0,139	0,033
»	1000	0,159	0,038	0,147	0,035
Титан	20	0,611	0,146	—	—
»	200	—	—	0,629	0,150
Углерод (алмаз)	20	0,502	0,120	—	—
Углерод (графит)	−200	0,084	0,020	0,335	0,080
» »	0	0,641	0,153	—	—
» »	20	0,708	0,169	0,674	0,161
» »	100	0,934	0,223	0,795	0,190
» »	1000	1,717	0,410	1,423	0,340
Уран	25	0,134	0,032	—	—
Хром	−200	0,142	0,034	0,297	0,071
	0	0,427	0,102	—	—
»	100	0,473	0,113	0,452	0,108
»	1000	—	—	0,565	0,135
Цезий	20	0,230	0,055	—	—
Цинк	−200	0,243	0,058	0,343	0,082
»	0	0,381	0,091	—	—
»	20	0,385	0,092	0,381	0,091
»	100	0,398	0,095	0,389	0,093
»	400	0,461	0,110	0,419	0,100
Цирконий	20	0,289	0,069	—	—
»	100	0,310	0,074	—	—
»	1600	0,238	0,057	—	—

168. Удельная теплоемкость различных твердых веществ

В таблице приведены средние значения удельной теплоемкости c твердых веществ при температуре 20 °С (если не указана иная температура).

Вещество	c	
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Асфальт	0,92	0,22
Бетон	0,88	0,21
Бронза алюминиевая	0,42	0,10
» оловянистая	0,38	0,09
Бумага	1,51	0,36
Воск	2,93	0,70
Гетинакс листовой (в интервале температур от 0 до 100 °С)	1,3—1,7	0,3—0,4
Гипс	0,84—0,92	0,20—0,22
Глина	0,84—1,05	0,20—0,25
Гранит (в интервале температур от 0 до 100 °С)	0,8	0,2
Дерево (в интервале температур от 0 до 100 °С):		
дуб	2,39	0,57
ель, сосна	2,72	0,65
Железобетон	0,8	0,2
Камень	≈0,8	≈0,2
Кирпич красный	0,88	0,21
» силикатный	0,84	0,20
Константан	0,41	0,098
Латунь	0,39—0,41	0,093—0,098
Лед (при $t = -20$ °С)	1,58	0,43
» (при $t = -10$ °С)	2,22	0,53
» (при $t = 0$ °С)	2,122	0,507
» (при $t = -40 - 0$ °С)	2,09	0,50
Лед (из тяжелой воды D_2O)	2,22	0,53
Манганин	0,42	0,10
Мел	0,88	0,21
Мрамор (при $t = 0$ °С)	0,92	0,22
Нафталин	1,30	0,31
Нихром	0,448	0,107
Парафин	2,89	0,69
Песок (в интервале температур от 20 до 100 °С)	0,79	0,19
Поливинилхлорид	0,92	0,22
Полистирол	1,34	0,32
Полиэтилен	2,30	0,55
Пробка	2,05	0,49
Резина	2,09	0,50
Слюда	0,88	0,21
Снег	2,1	0,5
Сталь (в интервале температур от 20 до 200 °С)	0,46	0,11
» (в интервале температур от 20 до 400 °С)	0,50	0,12
Стекло зеркальное (в интервале температур от 0 до 100 °С)	0,79	0,19
Стекло оконное (в интервале температур от 0 до 100 °С)	0,67	0,16
Стекло лабораторное (в интервале температур от 0 до 100 °С)	0,84	0,20
Текстолит	1,47	0,35
Торф	1,88	0,45

Вещество	*c*	
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Уголь древесный (в интервале температур от 0 до 100 °С)	0,96	0,23
Уголь каменный (в интервале температур от 0 до 100 °С)	1,00	0,24
Фосфор (в интервале температур от 20 до 400 °С)	0,84—1,05	0,20—0,25
Шифер	0,75	0,18
Чугун (в интервале температур от 0 до 200 °С)	0,54	0,13
Эбонит (в интервале температур от 20 до 100 °С)	1,38	0,33

169. Удельная теплоемкость *c* газов в твердом состоянии

	Температура		*c*	
	К	°С	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Азот	15,4	−257,8	0,477	0,114
»	23,2	−250,0	0,829	0,198
»	60,7	−212,5	1,658	0,396
Аммиак	11,0	−262,2	0,017	0,004
»	30	−243	0,255	0,061
»	134	−139	2,131	0,509
Аргон	17,9	−255,3	0,255	0,061
»	38,4	−234,8	0,569	0,136
»	78,4	−194,8	0,821	0,196
Водород	5,8	−267,4	0,213	0,051
»	11,1	−262,1	1,562	0,373
»	13,6	−259,6	2,638	0,630
Кислород	10,2	−263,0	0,084	0,020
»	21,9	−251,3	0,578	0,138
»	51,6	−221,6	1,407	0,336
Метан	10,4	−262,8	0,247	0,059
»	40,1	−233,1	1,809	0,432
»	83,8	−189,4	2,629	0,628
Неон	11,3	−261,9	0,381	0,091
»	23,8	−249,4	1,206	0,288
Углерода оксид (IV)	19,5	−253,7	0,100	0,024
» » »	88,8	−184,4	0,883	0,211
» » »	200,6	−72,6	1,278	0,304
Углерода оксид (II)	17,6	−255,6	0,394	0,094
» » »	57,2	−216,0	2,039	0,487
» » »	65,1	−208,1	1,805	0,431
Этилен	15	−258	0,105	0,025
»	50	−223	1,110	0,265
»	100,1	−173,1	2,554	0,610

170. Удельная теплоемкость c некоторых овощей, фруктов и ягод

В таблице приведены ориентировочные значения c для некоторых свежих овощей, фруктов, ягод.

Продукт	c, кДж/(кг·К)	c, ккал/(кг·°С)	Продукт	c, кДж/(кг·К)	c, ккал/(кг·°С)
Абрикосы	3,77	0,90	Клубника	3,81	0,91
Апельсины	3,73	0,89	Крыжовник	3,89	0,93
Арбуз	3,94	0,94	Малина	3,48	0,83
Брюква	3,81	0,91	Мандарины	3,77	0,90
Виноград	3,45—3,89	0,82—0,93	Морковь	3,77	0,90
			Огурцы	4,06	0,97
Вишня	3,60—3,77	0,86—0,90	Помидоры	3,98	0,95
			Редис	3,98	0,95
Груши	3,68	0,88	Слива	3,64—3,89	0,79—0,93
Дыни	3,77—4,06	0,90—0,97			
			Смородина черная	3,64—3,89	0,79—0,93
Земляника	3,68	0,88			
Капуста поздняя	3,94	0,94	Черешня	3,77	0,90
Картофель поздний	3,43	0,82	Яблоки	3,77	0,90

Примечание. Значение удельной теплоемкости c указанных продуктов зависит от массовой доли содержащейся в них влаги.

171. Удельная теплоемкость некоторых продовольственных продуктов

Значения удельной теплоемкости c приведены для температуры 0 °С, если не указана иная температура.

Продукты	c, кДж/(кг·К)	c, ккал/(кг·°С)
Ветчина	2,14	0,51
Говядина и баранина:		
жирная	2,93	0,70
тощая	3,52	0,84
Колбасы	1,93—2,81	0,43—0,67
Маргарин сливочный	2,14	0,51
Масло сливочное	2,89—3,10	0,69—0,74
Масло сливочное топленое	2,18	0,52
Мороженое сливочное (при $t = -10$ °С)	2,18	0,52
Мясо говяжье (в интервале температур от 0 до 20 °С):		
жирное	2,51	0,60
тощее	3,35	0,80
Пастила	2,09	0,50
Рыба:		
жирная	2,93	0,70
тощая	3,52	0,84

Продукты	c	
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Сало топленое	2,51	0,60
Сахар (при $t=15$ °С)	1,34	0,32
Свинина:		
жирная	2,60	0,62
тощая	3,01	0,72
Соль поваренная (2% влажности)	0,92	0,22
Творог	3,18	0,76
Телятина:		
жирная	3,18	0,76
тощая	3,52	0,84
Фрукты	3,43—3,85	0,82—0,92
Хлеб формовой:		
мякиш	2,80	0,67
корка	1,68	0,40
Шоколад	2,34—2,97	0,56—0,71

172. Соотношения между единицами удельной теплоемкости

Единицы удельной теплоемкости	Дж/(кг·К)	эрг/(г·°С)	ккал/(кг·°С)	кал/(г·°С)
1 Дж/(кг·К)	1	10^4	$2,39\cdot10^{-4}$	$2,39\cdot10^{-4}$
1 эрг/(г·°С)	10^{-4}	1	$2,39\cdot10^{-8}$	$2,39\cdot10^{-8}$
1 ккал/(кг·°С)	$4,187\cdot10^3$	$4,187\cdot10^7$	1	1
1 кал/(г·°С)	$4,187\cdot10^3$	$4,187\cdot10^7$	1	1

Примечание. 1 Дж/(кг·К) = 0,001 кДж/(кг·К) = 10^4 эрг/(г·°С) = $2,38846\times10^{-4}$ ккал/(кг·°С);
1 ккал/(кг·°С) = 1 кал/(г·°С) = 4186,8 Дж/(кг·К) = 4,1868 кДж/(кг·К);
1 эрг/(г·°С) = 10^{-4} Дж/(кг·К) = $2,38846\cdot10^{-8}$ кал/(г·°С).

173. Температура плавления различных веществ

Вещество	Температура плавления	
	К	°С
Азотная кислота безводная	232,0	−41,2
Алмаз	>3800	>3500
Аммиак	195,5	−77,7
Анилин	266,8	−6,4
Ацетон	178	−95
Белок куриного яйца	272,73	−0,42
Бензин	ниже 213	ниже −60
Бензол	278,7	5,5
Вазелин	310—325	37—52
Вода (лед)	−273,15	0,00
» тяжелая	276,97	3,82

Продолжение

Вещество	Температура плавления	
	К	°С
Водный раствор хлорида натрия (1,5%-ный)	272,3	—0,9
То же (4,3%-ный)	270,6	—2,6
То же (11%-ный)	265,7	—7,5
Водорода пероксид	272,72	—0,43
Воздух	60	—213
Воск пчелиный	334—337	61—64
Графит реакторный	4100—4200	3800—3900
Диметилгидразин	215	—58
Глицерин	255,3	—17,9
Желток куриного яйца	272,56	—0,59
Канифоль	325—341	52—68
Кварц плавленый	1986	1713
Керосин	ниже 223	ниже—50
Кровь	272,58	—0,57
Масло подсолнечное	257,2—254,7	от —16,0 до —18,5
» сливочное	301—305	28—32
Метан	90,7	—182,5
Молоко цельное	272,6	—0,6
Менделеевская замазка	318	45
Нафталин	353,3	80,3
Нитроглицерин	284	11
Парафин	311—329	38—56
Сахар	443—461	170—188
Серная кислота безводная	283,6	10,4
Сероуглерод	161,1	—112,1
Скипидар	263	—10
Соляная кислота	159,0	—114,2
Спирт метиловый	175,2	—98,0
» этиловый	158,5	—114,7
Сталь	1600—1800	1300—1500
Стеарин	ок. 345	ок. 72
Стекло оконное	730—1100	460—800
Толуол	178,0	—95,0
Фреон-12	118,2	—155,0
Хлорид натрия	1073	800
Хлористый этил	134,9	—138,3
Хлороформ	209,7	—63,5
Чугун обычный серый	1400—1600	1100—1300
Эфир этиловый	157	—116
Янтарь	623—653	350—380

174. Температура плавления некоторых элементов

Значения температур плавления химических элементов указаны при нормальном атмосферном давлении.

Химический элемент	Температура плавления		Химический элемент	Температура плавления	
	K	°C		K	°C
Азот	63,2	−210,0	Молибден . .	2893	2620
Алюминий . .	933,8	660,6	Натрий . . .	370,96	97,81
Аргон . . .	83,86	−189,29	Неон . . .	24,48	−248,67
Бор	2348	2075	Никель . . .	1728	1455
Бром	266,0	−7,2	Ниобий . . .	2773	2500
Ванадий . . .	2192	1919	Олово . . .	505,1181	231,9681
Висмут . . .	544,59	271,44	Осмий . . .	3318	3045
Водород . . .	13,96	−259,19	Платина . .	2042	1769
Вольфрам . .	3694	3421	Плутоний . .	914	641
Гелий (при p = 2,5 МПа)* .	1,0	−272,2	Рений . . .	3453	3180
Германий . .	1210,6	937,4	Ртуть . . .	234,288	−38,862
Железо . . .	1812	1539	Свинец . . .	600,65	327,50
Золото . . .	1337,58	1064,43	Сера	385,0	112,8
Иод	386,7	113,5	Серебро . . .	1235,08	961,93
Иридий . . .	2720	2447	Тантал . . .	3269	2996
Калий . . .	336,8	63,6	Титан . . .	1933	1660
Кальций . . .	1184	839	Торий . . .	2023	1750
Кислород . .	54,3	−218,4	Углерод . . .	3823	3550
Кобальт . . .	1767	1494	Уран	1405	1132
Кремний . . .	1690	1417	Фосфор белый .	317,25	44,10
Криптон . . .	116,6	−156,6	Фтор	53,53	−219,62
Ксенон . . .	161,25	−111,90	Хлор	172,17	−100,98
Литий . . .	453,69	180,54	Хром	2163	1890
Магний . . .	922,0	648,8	Цезий . . .	301,8	28,4
Марганец . .	1517	1244	Цинк . . .	692,73	419,58
Медь	1358,03	1084,88	Цирконий . .	2128	1855

* Гелий — единственный элемент, который в жидком состоянии не отвердевает при нормальном давлении, как бы глубоко его ни охлаждали. Наименьшее давление, при котором гелий отвердевает, 2,5 МПа (25 ат).

175. Температура плавления некоторых веществ при различном давлении p

Вещество	p		Температура плавления, °С	Вещество	p		Температура плавления, °С
	МПа	атм			МПа	атм	
Азот . . .	0,1	1	−209,9	Висмут . .	0,1	1	271,3
» . . .	100	1 000	−190,9	» . . .	100	1 000	267,5
» . . .	600	6 000	−124,0	» . . .	1000	10 000	228,8
Анилин . .	0,1	1	−6,4	Водород . .	0,1	1	−259,1
» . . .	100	1 000	13,1	» . . .	15,2	152	−254,9
» . . .	1000	10 000	143,2	Галлий . .	0,1	1	29,8
Аргон . .	0,1	1	−189,2	» . . .	400	4 000	21,5
» . . .	100	1 000	−166,8	» . . .	1200	12 000	2,5
» . . .	600	6 000	−80,3	Калий . .	0,1	1	63,6

Продолжение

Вещество	p, МПа	p, атм	Температура плавления, °С	Вещество	p, МПа	p, атм	Температура плавления, °С
Натрий . .	0,1	1	97,8	» » . . .	1000	10 000	75,4
» . . .	100	1 000	105,9	Ртуть . .	0,1	1	—38,9
» . . .	1000	10 000	177,5	» . . .	200	2 000	—28,7
Нафталин .	0,1	1	80	» . . .	1000	10 000	12,1
» . . .	58	580	100	Хлороформ .	0,1	1	—63,5
Оксид углерода (IV) .	0,1	1	—78,5 (сублимация)	» . . .	300	3 000	—12,1
				» . . .	1000	10 000	83,7
				Цезий . .	0,1	1	28,4
То же . .	300	3 000	—5,5	» . . .	100	1 000	51,9
Калий . .	100	1 000	78,7	» . . .	400	4 000	98,5
» . . .	1000	10 000	167,0	Этиловый спирт . .	0,1	1	—114,7
Лед . . .	0,1	1	0	То же . .	1500	15 000	—5
» . . .	13	130	—1,0	» » . . .	3000	30 000	82
» . . .	61	610	—5,0				
» . . .	113	1 130	—10,0				
» . . .	197	1 970	—20,0				

Примечание. Для большинства веществ с увеличением давления температура плавления повышается. Исключение составляют лишь те вещества, у которых при плавлении уменьшается объем (например, лед, висмут, галлий, некоторые сорта чугуна).

176. Изменение объема некоторых веществ при плавлении

Вещество	Относительное изменение объема при плавлении (от объема в твердом состоянии), %	Вещество	Относительное изменение объема при плавлении (от объема в твердом состоянии), %
Алюминий	6,0	Медь	4,2
Висмут	—3,4	Натрий	2,5
Галлий	—3,2	Олово	2,6
Германий	—5,0	Плутоний	—2,5
Железо	3,0	Ртуть	3,6
Золото	5,1	Свинец	3,5
Калий	2,6	Серебро	3,8
Кадмий	4,0	Сплав свинца (44,5%) с висмутом (55,5%) . .	0,0
Кремний	—9,6	Сурьма	—0,95
Лед	—8,3	Цезий	2,6
Литий	1,6	Цинк	4,2
Магний	3,1		

177. Удельная теплота плавления λ различных веществ

Значения удельной теплоты плавления указаны при температуре плавления и нормальном атмосферном давлении.

Вещество	λ		Вещество	λ	
	кДж/кг	ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг
Азот	25,9	6,2	Олово	58,2	13,9
Алюминий	393	94	Парафин	147	35
Аммиак	339,1	81,0	Платина	113	27
Анилин	87,5	20,9	Ртуть	11,7	2,8
Аргон	280,5	6,7	Свинец	24,3	5,8
Ацетон	96,3	23,0	Сера	389,4—393,6	9,3—9,4
Бензол	126,2	30,4			
Бериллий	1090,0	260,5	Серебро	87,3	21,1
Бор	1100	265	Серная кислота (100%)	111,4	26,6
Бром	67,8	16,2			
Ванадий	≈335	≈80	Спирт метиловый	113	27
Висмут	50,2	12,0	Спирт этиловый	105	25
Вода (лед)	332,4	79,4	Стеарин	201	48
Водород	58,6	14,0	Натрий	113	27
Вольфрам	185	61	Натрия хлорид	519	124
Воск	176	42	Нафталин	151	36
Гелий	5,72	1,36	Неон	14,2	3,4
Глицерин	198,9	47,5	Никель	305,6	73,0
Железо	270,0	64,6	Ниобий	289	69
Золото	67	16	Оксид углерода (II)	30,1	7,2
Индий	28,5	6,8			
Иридий	251,2	60,0	Тантал	175,0	40,8
Кадмий	53,6	12,8	Титан	≈470	≈112
Калий	60,0	14,4	Уран	83,4	19,6
Камфара	42	10	Фосфор	19,7	4,7
Кислород	13,8	3,3	Фтор	37,7	9,0
Кобальт	281	60	Хлор	188,0	45
Криптон	19,7	4,7	Хром	280,0	66,9
Ксенон	23,4	5,6	Цезий	15,9	3,8
Литий	431	150			
Магний	372,6	89,0	Цинк	112,2	26,8
Медь	213	51	Цирконий	210,0	50,1
Метан	58,6	14,0	Чугун белый	≈96	≈23
Молибден	293	70	Эфир этиловый	113	27

178. Температура кипения некоторых химических элементов (при нормальном атмосферном давлении)

Химический элемент	Температура кипения		Химический элемент	Температура кипения	
	K	°C		K	°C
Азот	77,35	—195,80	Молибден	ок. 4873	ок. 4600
Алюминий	2793	2520	Натрий	1156,1	882,9
Аргон	87,3	—185,9	Неон	27,102	—246,048
Бор	ок. 4053	ок. 3780	Никель	3005	2732
Бром	331,93	58,78	Ниобий	5200	4927
Ванадий	ок. 3673	ок. 3400	Олово	2543	2270
Висмут	1825	1552	Осмий	5300	5027
Водород	20,26	—252,77	Платина	ок. 4173	ок. 3900
Вольфрам	ок. 5943	ок. 5680	Плутоний	3623	3350
Гелий	4,22	—268,93	Рений	5903	5630
Германий	3120	2847	Ртуть	629,81	356,66
Железо	3023	2750	Свинец	2018	1745
Золото	3220	2947	Сера	717,824	444,674
Иод	457,50	184,35	Серебро	2443	2170
Иридий	4653	4380	Тантал	ок. 5773	ок. 5500
Калий	1033	760	Титан	3603	3330
Кальций	1753	1484	Торий	4473	4290
Кислород	90,188	—182,962	Углерод	4473	4200
Кобальт	3233	2960	Уран	4135	3862
Кремний	3523	3250	Фосфор (белый)	553	280
Криптон	120,85	—152,30	Фтор	85,01	—188,14
Ксенон	166,05	—107,10	Хлор	238,6	—34,6
Литий	1610	1337	Хром	2945	2672
Магний	1378	1105	Цезий	951,6	678,4
Марганец	1378	1962	Цинк	1179	906
Медь	2235	2540	Цирконий	4650	4377

179. Температура кипения насыщенных водных растворов некоторых солей при нормальном атмосферном давлении

Соль	Число граммов соли в 100 г воды	Температура кипения, °C	Соль	Число граммов соли в 100 г воды	Температура кипения, °C
Хлорид кальция $CaCl_2$	305	178	Сульфат марганца $MnSO_4$	68,4	102,4
Сульфат меди $CuSO_4$	82,2	104,2	Хлорид аммония NH_4Cl	87,1	114,8
Хлорид калия KCl	57,4	108,5	Карбонат натрия $NaCO_3$	51,2	105
Хлорат калия $KClO_3$	69,2	104,4	Хлорид натрия $NaCl$	40,7	108,8
Нитрат калия KNO_3	338,5	115	Нитрат натрия $NaNO_3$	222	120
Сульфат калия K_2SO_4	31,6	102,1	Сульфат натрия $NaSO_4$	46,7	103,2
Сульфат магния $MgSO_4$	75	108	Сульфат цинка $ZnSO_4$	85,7	105

180. Температура кипения различных веществ при нормальном атмосферном давлении

Вещество	Температура кипения		Вещество	Температура кипения	
	К	°С		К	°С
Азотная кислота безводная	359	86	Молоко сгущенное	376,4	103,2
Аммиак	239,8	—33,4	Нафталин	491,1	217,9
Анилин	457,6	184,4	Озон	161	—112
Ацетон	329,7	56,5	Оксид углерода (IV)	194,67	—78,48
Бензин авиационный*	313—453	40—180	Парафин	623—723	350—450
Бензин автомобильный*	343—478	70—205	Сероводород	212,8	—60,4
Бензол	546,3	80,1	Серная кислота безводная	552,8	279,6
Вода	273,15	100,00	Сероуглерод	319,5	46,3
» тяжелая	374,58	101,43	Скипидар	434	161
Водорода пероксид	423,4	150,2	Спирт метиловый	337,7	64,5
Воздух	81—78	от — 192 до — 195	» этиловый	351,5	78,3
Глицерин	563,2	290,0	Стеарин	643	370
Графит	4473	4200	Толуол	383,8	110,6
Диметилгидразин	336	63	Фреон-12	243,4	—29,8
Керосин*	423—573	150—300	Хлорид натрия	1740	1467
Метан	111,66	— 161,49	Хлористый этил	285,32	12,27
Молоко цельное	373,4	100,2	Хлороформ	334,5	61,3
			Эфир этиловый	307,7	34,5

Примечание. См. также табл. 178, 179.

* Бензины (как и керосины) состоят из смеси углеводородов и поэтому не имеют определенной температуры кипения: вначале закипают наиболее легкоиспаряющиеся компоненты, а с повышением температуры и остальные.

181. Температура кипения воды при различных давлениях *p*

p, МПа	Температура кипения, °С	*p*, МПа	Температура кипения, °С	*p*, МПа	Температура кипения, °С	*p*, МПа	Температура кипения, °С
0,1	99,7	1,2	187,8	3,5	244	8,5	301
0,2	120,3	1,3	191,5	4,0	252	9,0	305
0,3	133,4	1,4	195,0	4,5	259	9,5	309
0,4	143,5	1,5	198,2	5,0	266	10,0	313
0,5	151,7	1,6	201,3	5,5	272	11,0	320
0,6	158,7	1,7	204,2	6,0	277	12,0	327
0,7	164,8	1,8	207,0	6,5	283	13,0	333
0,8	170,8	1,9	210,2	7,0	288	14,0	339
0,9	175,2	2,0	212,3	7,5	293	15,0	344
1,0	179,7	2,5	224	8,0	297	16,0	350
1,1	183,8	3,0	236				

182. Удельная теплота парообразования *r* различных веществ при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении

Вещество	*r*		Вещество	*r*	
	кДж/кг	ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг
Азот	199,3	47,6	Молибден . . .	6700	1625
Алюминий . . .	9210	2200	Натрий	4345	1006
Аммиак	1369	327	Нафталин . . .	314	75
Анилин	458,9	109,6	Неон	85,8	20,5
Аргон	163	39	Никель	7200	1720
Ацетилен . . .	829	198	Ниобий	7520	1800
Ацетон	521,2	124,5	Оксид углерода (II)	216,0	51,6
Бензин авиационный (Б-70) . .	293	70	Оксид углерода (IV)	573	137
Бензол	394	94	Олово	3014	720
Бериллий . . .	24700	5900	Платина . . .	2512	600
Бор	17400	4155	Ртуть	293,1	70,0
Бром	183,0	43,7	Свинец	860	210
Ванадий	9000	2150	Сера	287,2	68,6
Висмут	854	204	Серебро . . .	2177	520
Вода	2256	539,0	Серная кислота (100%) . . .	511,2	122,1
Водород	454	108,5	Скипидар . . .	287,2	68,6
Воздух	197	47	Спирт метиловый	1101	263
Вольфрам . . .	4960	1183	Спирт этиловый .	906,0	216,4
Гелий	19,5	4,7	Тантал	4170	996
Глицерин (при $t = 100°C$) . .	830	197	Титан	9800	2340
Железо	6300	1500	Топливо ТС-1 . .	230	55
Золото	1758	420	Углерод	5024	1200
Индий	≈2000	≈480	Уран	1880	450
Иридий	3893	930	Фосфор белый . .	1670	400
Кадмий	1184	283	Фреон-12 . . .	167,0	39,9
Калий	2076	496	Фтор	159	38
Кислород . . .	213	51	Хлор	259,6	62,0
Кобальт	6300	1500	Хром	6200	1481
Кремний	14068	3360	Цезий	603	144
Криптон	119,3	28,5	Цинк	1800	430
Ксенон	99,2	23,7	Цирконий . . .	6700	1600
Литий	23000	5000	Чугун серый . .	96—138	23—33
Магний	5443	1300	Эфир этиловый . .	355,0	84,8
Медь	4800	1290			
Метан	511	122			

183. Удельная теплота парообразования (испарения) r воды в зависимости от температуры

t, °C	Давление насыщенного пара		r		t, °C	Давление насыщенного пара		r	
	10^5 Па	ат	кДж/кг	ккал/кг		10^5 Па	ат	кДж/кг	ккал/кг
0	0,0061	0,0062	2500,8	597,3	70	0,3117	0,3177	2333,3	557,3
1	0,0066	0,0067	2498,3	596,7	80	0,4746	0,4829	2308,2	551,3
2	0,0071	0,0072	2496,2	596,2	90	0,7011	0,7149	2282,6	545,2
3	0,0076	0,0077	2493,7	595,6	100	1,0132	1,0332	2256,2	539,0
4	0,0081	0,0083	2491,6	595,1	120	1,9854	2,0245	2202,7	526,1
5	0,0087	0,0089	2489,0	594,5	140	3,614	3,685	2144,9	512,3
6	0,0094	0,0095	2486,5	593,9	160	6,180	6,302	2082,5	497,4
7	0,0100	0,0102	2484,4	593,4	180	10,027	10,225	2015,1	481,3
8	0,0107	0,0109	2481,9	592,8	200	15,551	15,857	1940,6	463,5
9	0,0115	0,0117	2479,8	592,2	220	23,201	23,659	1857,7	443,7
10	0,0123	0,0125	2477,3	591,7	240	33,480	34,140	1765,6	421,7
11	0,0131	0,0134	2475,2	591,2	260	46,94	47,87	1661,3	396,8
12	0,0140	0,0143	2472,7	590,6	280	64,19	65,46	1542,8	368,5
13	0,0150	0,0153	2470,6	590,1	300	85,92	87,61	1404,3	335,4
14	0,0160	0,0163	2468,1	589,5	320	112,90	115,13	1238,0	295,6
15	0,0170	0,0174	2465,6	588,9	340	146,08	148,96	1027,0	245,3
16	0,0182	0,0185	2463,1	588,3	350	165,37	168,63	893,0	213,3
17	0,0194	0,0198	2460,6	587,7	360	186,74	190,42	719,7	171,9
18	0,0206	0,0210	2458,1	587,1	370	210,53	214,68	438,4	104,7
19	0,0220	0,0224	2456,0	586,6	371	213,59	217,26	392,3	93,7
20	0,0234	0,0238	2453,0	586,0	372	215,63	219,88	336,2	80,3
30	0,0424	0,0432	2430,0	580,4	373	218,23	222,53	261,3	62,4
40	0,0738	0,0752	2406,1	574,7	374	220,87	225,22	114,7	27,4
50	0,1234	0,1258	2382,3	569,0	374,15	221,29	225,65	0,0	0,0
60	0,1992	0,2031	2358,0	563,2					

184. Объем газа (пара), образующегося при испарении жидкости

В таблице указан объем газа (пара) $V_г$ при нормальных условиях, образующегося при испарении 1 л некоторых веществ в жидком состоянии.

Испаряющаяся жидкость	$V_г$, м³	Испаряющаяся жидкость	$V_г$, м³
Азот	0,643	Воздух	0,675
Аммиак	0,884	Гелий	0,700
Аргон	0,784	Кислород	0,800
Ацетилен	0,520	Неон	1,341
Вода (при t = 100°C)	1,780	Оксид углерода (II)	0,632
Водород	0,788	Хлор	0,484

185. Объем жидкости, образующейся при конденсации газа (пара)

В таблице указан объем жидкости $V_ж$, образующейся при конденсации 1 м³ газа (пара), взятого при температуре 15 °С и нормальном давлении.

Газ (пар)	$V_ж$, л	Газ (пар)	$V_ж$, л
Азот	1,421	Воздух	1,379
Аммиак	1,024	Гелий	1,311
Аргон	1,166	Кислород	1,150
Ацетилен	2,055	Неон	0,683
Водяной пар	0,737	Оксид углерода (II)	1,411
Водород	1,116	Хлор	2,006

186. Относительная скорость * испарения некоторых жидкостей

Ацетон	2,1	Спирт метиловый	6,3
Бензин	3,5	» этиловый	8,3
Бензол	3,0	Толуол	6,1
Дихлорэтан	4,1	Уайт-спирит (бензин-растворитель)	40—60
Ксилол	13,5	Хлороформ	2,5
Сероуглерод	1,8	Эфир этиловый	1

* Приведенные в таблице числа показывают, во сколько раз медленнее (при одинаковых условиях) по сравнению с этиловым эфиром, скорость испарения которого принята за единицу, испаряются указанные жидкости.

187. Критические параметры некоторых веществ

Вещество	Температура		Давление			Плотность, кг/м³	Вещество	Температура		Давление			Плотность, кг/м³
	К	°С	МПа	ат	атм			К	°С	МПа	ат	атм	
Азот	126,1	—147,1	3,39	34,6	33,5	311	Нафталин	742	469	3,98	40,6	39,3	314
Аммиак	405,6	132,4	11,30	115,2	111,5	235	Неон	44,5	—228,7	2,73	27,8	26,9	484
Анилин	699	426	5,31	54,1	52,4	314	Оксид углерода (II)	134,5	—138,7	3,49	35,6	34,5	301
Аргон	150,8	—122,4	4,86	49,6	48,0	531	Оксид углерода (IV)	304,2	31,0	7,35	75,0	72,9	460
Ацетон	508,7	235,5	4,72	48,1	46,6	273	Ртуть	1733	1460	10,49	107	103,5	5000
Бром	584	311	10,33	105	102	1180	Сера	1313	1040	11,75	120	116	403
Вода	647,30	374,15	22,13	225,65	218,3	320	Спирт этиловый . .	516,7	243,5	6,38	65,2	63,0	276
Водород	33,3	—239,9	1,29	13,2	12,8	31	Фреон-12	384,7	111,5	4,14	42,2	40,9	555
Воздух	132,5	—140,7	3,77	38,4	37,2	350	Фтор	144	—129	5,57	57	55	574
Гелий	5,3	—267,9	0,23	2,34	2,26	69,3	Хлор	417,3	144,0	7,70	78,5	76,1	573
Кислород . . .	154,4	—118,8	5,04	51,4	50,1	430	Хлористый этил . .	460,4	187,2	5,27	53,7	52,0	330
Криптон	209,4	—63,8	5,49	56,0	54,3	909	Этилен	282,7	9,5	5,14	52,4	50,5	216
Ксенон	289,8	16,6	5,89	60,1	58,2	1150	Эфир этиловый . .	467,0	193,8	3,60	36,7	35,5	260
Метан	190,7	—82,5	4,63	47,2	45,8	162							

188. Теплофизические свойства некоторых тугоплавких соединений

В таблице приведены значения температуры плавления, удельной теплоемкости c (при $t=20$ °С), теплопроводности λ (при $t=20$ °С) и среднее значение температурного коэффициента линейного расширения α (в интервале температур от 0 до 200 °С) некоторых тугоплавких соединений.

Соединение	Температура плавления, °С	c, кДж/(кг·К)	c, ккал/(кг·°С)	λ, Вт/(м·К)	α, 10^{-6} °С$^{-1}$
Борид вольфрама W_2B_5	2370	0,260	0,062	32	79
Карбид вольфрама WC	2975	0,184	0,044	29	3,9
Диборид гафния HfB_2	3250	0,398	0,095	—	5,8
Карбид гафния HfC	3890	0,402	0,096	29	6,1
Борид молибдена Mo_2B_5	2200	0,461	0,110	27	—
Карбид молибдена Mo_2C	2685	0,267	0,064	7	7,8
Диборид ниобия NbB_2	3000	0,621	0,152	17	7,9
Карбид ниобия NbC	3480	0,356	0,085	18	6,5
Диборид тантала TaB_2	3100	0,264	0,063	11	5,1
Карбид тантала TaC	3880	0,188	0,045	22	8,3
Диборид титана TiB_2	2980	0,635	0,153	24	5,5
Карбид титана TiC	3150	0,795*	0,190*	24	7,7
Нитрид тантала TaN	3090	0,281	0,067	23	3,6**
Нитрид титана TiN	3227	0,803	0,192	29	9,35
Дисилицид молибдена $MoSi_2$	2023	0,386	0,092	29	5,1

* При $t=300$°С.
** В интервале температур от 200 до 1000°С.

189. Соотношения между единицами удельных теплот плавления, парообразования и теплоты сгорания

Единицы	Дж/кг	кДж/кг	МДж/кг	эрг/г	ккал/кг
1 Дж/кг	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{4}	$2{,}39\cdot10^{-4}$
1 кДж/кг	10^{3}	1	10^{-3}	10^{7}	0,239
1 МДж/кг	10^{6}	10^{3}	1	10^{10}	239
1 эрг/г	10^{-4}	10^{-7}	10^{-10}	1	$2{,}39\cdot10^{-8}$
1 ккал/кг (1 кал/г)	$4{,}19\cdot10^{3}$	4,19	$4{,}19\cdot10^{-3}$	$4{,}19\cdot10^{6}$	1

Примечание 1 Дж/кг$=2{,}38846\cdot10^{-4}$ ккал/кг;
1 эрг/г$=2{,}38846\cdot10^{-8}$ ккал/кг;
1 ккал/кг$=1$ кал/г$=4{,}1868\cdot10^{3}$ Дж/кг$\approx4{,}19\cdot10^{3}$ Дж/кг.

190. Коэффициенты диффузии

В таблице приведены значения коэффициента диффузии D для газов и паров, а также для жидких и твердых тел. Коэффициенты диффузии даны для газов и паров при нормальных условиях ($t = 0$ °С и $p = 101\ 325$ Па), для жидких и твердых тел при температуре 20 °С (если температура не указана особо).

Диффундирующее вещество	Диффузионная среда	D, 10^{-4} м²/с
Газы, пары		
Азот	Воздух	0,17
»	Кислород	0,17
Аммиак	Воздух	0,20
Ацетилен	Азот	0,21
»	Воздух	0,19
Бензол	»	0,08
Водород	»	0,66
»	Азот	0,65
»	Кислород	0,70
»	Оксид углерода (IV)	0,55
Водяной пар	Воздух	0,23
» » (при $t = 100$°С)	»	0,35
Водяной пар (при $t = 1000$°С)	»	3,25
Водяной пар	Азот	0,65
Воздух	Водород	0,66
»	Кислород	0,18
»	Гелий	0,63
»	Аммиак	0,20
Гелий (при $t = 25$°С)	Воздух	0,91
Кислород	»	0,18
Оксид углерода (IV)	»	0,14
То же	Водород	0,55
Пары нафталина (при $t = 96,6$°С)	Воздух	0,05
Пары этилового спирта	»	0,10

Диффундирующее вещество	Диффузионная среда	D, 10^{-9} м²/с
Жидкости		
Анилин	Вода	0,69
Ацетон	»	1,25
Глицерин	»	0,73
Спирт метиловый	»	1,40
» этиловый	»	1,10
Твердые тела		
Золото (при $t = 500$°С)	Олово расплавленное	5,4
То же	Свинец расплавленный	3,7
Серебро (при $t = 500$°С)	Олово расплавленное	4,8
Платина (при $t = 500$°С)	Свинец расплавленный	1,9
Золото	Свинец	0,00004
Цинк (при $t = 500$°С)	Медь	0,00000079
Никель (при $t = 700$°С)	»	0,0000014
Серебро (при $t = 250$°С)	Свинец	0,0031
Магний (при $t = 420$°С)	Алюминий	0,0000076
Сахар	Вода	0,3
Соль поваренная	»	1,1

191. Теплопроводность λ газов и паров при нормальном атмосферном давлении и различной температуре t

Газ или пар	t, °C	λ	
		Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°С)
Азот	—100	0,0165	0,0142
»	0	0,0242	0,0209
»	20	0,0255	0,0220
»	100	0,0306	0,0264
»	500	0,0557	0,0480
Аммиак	0	0,0219	0,0189
Аргон	0	0,0162	0,0140
»	20	0,0172	0,0148
»	100	0,0216	0,0186
Ацетилен	0	0,0180	0,0162
Водород	—100	0,012	0,100
»	0	0,173	0,149
»	20	0,183	0,158
»	100	0,222	0,191
»	500	0,383	0,330
»	1000	0,568	0,490
Воздух сухой*	0	0,0244	0,0210
Водяной пар	0	0,0159	0,0137
» »	100	0,0238	0,0205
» »	500	0,0751	0,0647
Гелий	—100	0,103	0,089
»	0	0,143	0,123
»	20	0,151	0,130
»	100	0,171	0,147
Кислород	—100	0,0161	0,0139
»	0	0,0245	0,0211
»	20	0,0261	0,0225
»	100	0,0317	0,0273
»	500	0,0603	0,0520
»	1000	0,0863	0,0750
Криптон	0	0,0086	0,0075
Ксенон	0	0,0051	0,0044
Метан	0	0,0302	0,0260
Неон	0	0,463	0,0399
Углерода оксид (IV) .	0	0,0143	0,0123
То же .	20	0,0158	0,0136
» .	100	0,0212	0,0183
» .	500	0,0557	0,0480
Спирт метиловый . . .	0	0,0143	0,0123
» этиловый . . .	0	0,0138	0,0119
Хлор	0	0,0072	0,0062
Эфир этиловый	0	0,0132	0,0114
» »	20	0,0147	0,0127
» »	100	0,0225	0,0194

* См. табл. 192.

192. Теплопроводность λ сухого воздуха при нормальном атмосферном давлении и различной температуре t

t, °C	λ		t, °C	λ	
	Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°С)		Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°С)
—150	0,0119	0,0103	50	0,0283	0,0243
—100	0,0164	0,0141	80	0,0305	0,0262
—50	0,0204	0,0175	100	0,0321	0,0276
—30	0,0220	0,0189	200	0,0393	0,0338
—20	0,0228	0,0196	300	0,0461	0,0396
—10	0,0236	0,0203	500	0,0575	0,0494
0	0,0244	0,0210	800	0,0718	0,0617
10	0,0251	0,0216	1000	0,0807	0,0694
20	0,0259	0,0223	1200	0,0915	0,0787
30	0,0267	0,0230			

193. Теплопроводность λ воды при нормальном атмосферном давлении и различной температуре t

t, °C	λ		t, °C	λ	
	Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°С)		Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°С)
0	0,556	0,474	60	0,659	0,567
10	0,575	0,494	70	0,668	0,574
20	0,599	0,515	80	0,675	0,580
30	0,618	0,531	90	0,680	0,585
40	0,634	0,545	100	0,683	0,587
50	0,648	0,557			

194. Теплопроводность λ металлов в жидком состоянии

Металл	Температура, °С	λ	
		Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°С)
Алюминий	900	63	54
Висмут	300	14	12
»	800	19	16
Железо	1850	8,0—10,0	6,9—8,6
Калий	64	49	42
»	250	38	33
»	900	26	22
Литий	200	45,9	39,6
»	700	48,3	41,7
Натрий	97,8	84	72
»	700	59	51
Олово	250	31	26
»	700	39	34
Свинец	400	15	13
»	700	17	15

195. Теплопроводность λ веществ в жидком состоянии при различной температуре *t*

Вещество	*t*, °C	λ	
		Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°C)
Азот жидкий	—200	0,220	0,179
Аммиак жидкий	—30	0,57	0,49
» »	0	0,55	0,47
» »	20	0,49	0,42
Анилин	20	0,172	0,148
Ацетон	20	0,160	0,138
Бензин	20	0,120	0,103
»	0—50	0,145—0,110	0,125—0,095
Бензол	12	0,139	0,119
Водный раствор едкого натра (20%-ный)	20	0,641	0,551
Водный раствор поваренной соли (20%-ный)	20	0,579	0,498
Водный раствор сахара (20%-ный)	20	0,535	0,460
Водород жидкий	—258	0,042	0,036
» »	—250	0,050	0,043
Глицерин	20	0,285	0,245
»	100	0,291	0,250
Дизельное топливо летнее	10—130	0,131—0,117	0,113—0,101
Касторовое масло	20	0,181	0,156
» »	100	0,173	0,149
Керосин	20	0,127	0,109
Кислород жидкий	—200	0,220	0,179
Мед	15	0,349	0,300
Молоко сгущенное с сахаром	15	0,453	0,390
Молоко цельное	21	0,498	0,428
» »	80	0,542	0,466
Нефть	13	0,149	0,128
Парафин	200	0,124	0,107
Подсолнечное масло рафинированное	20	0,167	0,144
Ртуть	0	7,8	6,7
»	100	9,1	7,8
Сероуглерод	0	0,170	0,146
Скипидар	15	0,13	0,11
Сливки (35% жирности)	20	0,35	0,30
Спирт метиловый	0	0,214	0,184
» этиловый	0	0,185	0,159
» »	20	0,159	0,137
Толуол	20	0,599	0,515
Трансформаторное масло	20	0,131	0,113
Эфир этиловый	20	0,134	0,115

196. Теплопроводность различных твердых веществ

В таблице приведены значения теплопроводности λ твердых веществ при температуре 20 °С (если не указана иная температура).

Вещество	λ	
	Вт/(м·К)	ккал/(м·ч·°С)
Алмаз	133,3	118,8
Асбестовый картон	0,145	0,124
Асфальт	0,744	0,640
Бетон	0,11—2,33	0,09—2,00
Бумага	0,140	0,120
Вазелин	0,174	0,150
Вата хлопчатобумажная	0,042	0,036
Войлок бумажный	0,057	0,049
» шерстяной (при $t = 40$°С)	0,062	0,053
Воск пчелиный	0,101	0,087
Гипс (при $t = 0$°С)	1,30	1,12
Гранит	3,42	2,94
Графит реакторный	35—37	30—32
» чистый	4,9	4,2
Доски сухие (поперек волокон):		
дубовые	0,20—0,21	0,17—0,18
сосновые	0,14—0,16	0,12—0,14
Доски сухие (вдоль волокон):		
дубовые	0,35—0,43	0,30—0,37
сосновые	0,35—0,37	0,30—0,32
Земля влажная	0,67	0,58
» сухая	0,14	0,12
Зола древесная	0,152	0,131
Каменный уголь	0,186	0,160
Картон обыкновенный	0,174	0,150
» плотный	0,233	0,200
Картофель	0,6	0,5
Кирпич красный	0,77	0,66
» пористый	0,47	0,40
Кирпичная кладка*	0,67—0,87	0,58—0,75
Лед (при $t = 0$°С)	2,26	1,94
» (при $t = -20$°С)	2,44	2,10
Льняная ткань	0,088	0,076
Мел	0,93	0,80
Менделеевская замазка	0,13	0,11
Мрамор (при $t = 0$°С)	1,30—3,49	1,12—3,00
Накипь котельная	1,31—3,14	1,13—2,70
Нафталин (при $t = 0$°С)	0,38	0,33
Опилки древесные сухие	0,036—0,064	0,031—0,055
Парафин (при $t = 0$°С)	0,27	0,23
Песок сухой	0,326	0,280
» влажный	1,128	0,970
Плексиглас	0,184	0,158
Поливинилхлорид	0,23	0,20
Полистирол	0,12	0,10

* Теплопроводность сырой кирпичной стены составляет примерно 1,16 Вт/(м·К); через полгода теплопроводность той же стены оказывается равной 0,87 Вт/(м·К), для сухой стены λ=0,67 Вт/(м·К).

Вещество	λ	
	Вт/(м·К)	ккал/(м·ч·°С)
Полиэтилен высокой плотности ($\rho\approx\approx$955 кг/м^3)	0,50	0,43
Полиэтилен низкой плотности ($\rho\approx\approx$918 кг/м^3)	0,34	0,29
Пробка гранулированная	0,038	0,033
Пробковая пластина	0,042	0,036
Резиновая губка красная	0,055	0,047
Рубероид	0,17	0,15
Слюда	0,47—0,58	0,40—0,50
Снег свежевыпавший	0,105	0,090
» уплотненный	0,48	0,41
Стекло обыкновенное	0,756	0,650
» зеркальное	0,814	0,700
Стеклянная вата (при $t=0$°С)	0,037	0,032
Сукно	0,052	0,045
Текстолит	0,64—0,93	0,55—0,80
Уголь древесный	0,041—0,065	0,035—0,056
Фарфор (при $t=95$°С)	1,04	0,89
Фаянс хозяйственный и санитарно-хозяйственный	1,10—1,30	0,90—1,12
Фибра (пластины)	0,049	0,042
Фланель	0,016	0,014
Целлулоид	0,21	0,18
Шелк	0,043—0,058	0,037—0,050
Шерсть минеральная	0,047	0,040
Шерсть овечья (при $t=0$°С)	0,038	0,033
Шерстяная ткань	0,052	0,045
Шлак котельный	0,19	0,16
Шлакобетон	0,930	0,800
Шлаковая вата (при $t=100$°С)	0,070	0,060
Эбонит	0,16	0,14

197. Теплопроводность λ чистых металлов при различной температуре t

Металл	t, °C	λ	
		Вт/(м·К)	ккал/(ч·м·°С)
Алюминий	—100	209	180
»	0	209	180
»	100	207	178
Висмут	—100	12,1	10,4
»	0	8,4	7,2
»	100	7,2	6,2
Вольфрам	—190	271,5	187,0
»	0	166,3	143,0
»	100	151,2	130,0
»	2000	136,1	117,0
Железо	20	73,3	63,0
»	100	67,5	58,0
»	800	29,1	25,0
Золото	—190	328	282
»	0	310,5	267,0
»	100	310,5	267,0
Иридий	0	59,3	51,0
»	100	57,0	49,0
Магний	0	144,2	124,0
»	100	139,6	120,0
Медь электротехническая	—180	488,5	420,0
» »	0	395,4	340,0
» »	100	392	337
» »	800	367,5	316,0
Молибден	25	162	144
Никель	0	93	80
»	100	82,6	71,0
Ниобий	20	53	46
Олово	—100	74,4	64,0
»	0	66,1	56,8
»	100	59,3	51,0
Платина	—190	77,9	67,0
»	0	70,0	60,2
»	100	71,4	61,4
»	1000	89,6	77,0
Свинец	—100	36,9	31,7
»	0	35,1	30,2
»	100	33,4	28,7
Серебро	—190	425,7	366,0
»	0	418,7	360,0
»	100	416,4	358,0
Ртуть	23	6,8	5,8
»	123	8,5	7,3
»	777	16,4	14,1
Тантал	0	54,7	47,0
»	100	54,1	46,5
Титан	20	15,5	13,3
»	100	15,8	13,6
Цинк	—100	115	99
»	0	113	97
Цирконий	20	21,4	18,4
»	100	21,2	18,1

198. Теплопроводность λ некоторых сплавов (при $t=20°C$)

Сплав	λ, Вт/(м·К)	λ, ккал/(ч·м·°С)	Сплав	λ, Вт/(м·К)	λ, ккал/(ч·м·°С)
Алюмель	32,6	28,1	Платино-иридиевый сплав (платины 90%, иридия 10%)	≈31	≈27
Дуралюмин	≈160	≈142	Сплав Вуда	13	11
Инвар	11,4	9,5	Сталь углеродистая	45—58	39—50
Константан	20,9	18,0	Хромель	16,0	13,8
Копель	24,1	20,8	Чугун	≈58	≈50
Латунь (Л-62; Л-68)	106	91			
Манганин	21,7	18,7			
Нейзильбер	125,3	108,0			
Нихром	16,7	14,4			

Примечание. Химический состав названных сплавов см. в табл. 357.

199. Теплопроводность λ снега при различной его плотности ρ (при $t=0°C$)

ρ, кг/м³	λ, Вт/(м·К)	λ, ккал/(м·ч·°С)	ρ, кг/м³	λ, Вт/(м·К)	λ, ккал/(м·ч·°С)
150	0,12	0,10	500	0,47	0,40
200	0,15	0,13	600	0,64	0,55
300	0,23	0,20	800	1,28	1,10
400	0,34	0,29			

200. Соотношения между единицами теплопроводности

Единицы теплопроводности	Вт/(м·К)	Вт/(см·К)	кВт/(м·К)	эрг/(с·см·°С)	ккал/(ч·м·°С)	кал/(с·см·°С)
1 Вт/(м·К)	1	0,01	0,001	10^5	0,860	$2{,}39\cdot10^{-3}$
1 Вт/(см·К)	100	1	0,1	10^7	86,0	0,239
1 кВт(м·К)	10^3	10	1	10^8	860	2,39
1 эрг/(с·см·°С)	10^{-5}	10^{-7}	10^{-8}	1	$8{,}60\cdot10^3$	$2{,}39\cdot10^{-8}$
1 ккал/(ч·м·°С)	1,16	0,116	$1{,}16\cdot10^{-3}$	$1{,}16\cdot10^5$	1	$2{,}78\cdot10^{-3}$
1 кал/(с·см·°С)	419	4,19	0,419	$4{,}19\cdot10^7$	360	1

Примечание. 1 Вт/(м·К) = 0,859845 ккал/(ч·м·°С) = $2{,}38846\cdot10^{-3}$ кал/(с·см·°С); 1 ккал/(ч·м·°С) = $2{,}77778\cdot10^{-3}$ кал/(с·см·°С) = 1,163 Вт/(м·К) (точно) = $1{,}163\cdot10^{-2}$ Вт/(см·К) (точно),
1 кал/(с·см·°С) = 418,68 Вт/(м·К) (точно) = 4,1868 Вт/(см·К) (точно).

201. Удельная теплота сгорания топлива

В таблице приведены значения низшей удельной теплоты сгорания топлива $q_н$. Она меньше высшей на то количество теплоты, которое идет на испарение влаги, содержащейся в 1 кг топлива при его горении. В большинстве топливосжигающих установок температура уходящих газов превышает 100 °С, и, следовательно, конденсация водяного пара, содержащегося в продуктах сгорания, не происходит. Поэтому для практической оценки тепловой ценности топлива и для теплотехнических расчетов в большинстве стран, в том числе и в СССР, используются значения низшей удельной теплоты сгорания.

Вид топлива	$q_н$, кДж/кг	$q_н$, ккал/кг	Вид топлива	$q_н$, кДж/кг	$q_н$, ккал/кг
Условное топливо	29 300	7 000	Порох:		
Твердое			дымный	5 020	1 200
Антрацит	26 800—31 400	6400—7500	пироксилиновый	3 780	900
» донецкий АС	26 800	6 400	Сланцы горючие	7 330—15 100	1750—3600
Бурый уголь (канско-ачинский)	15 700	3 750	» » (эстонские)	11 500	2 760
Бурый уголь (подмосковный)	10 500	2 500	Солома	14 300	3 400
» » (челябинский)	14 650	3 500	Твердое ракетное топливо	4 190—10 500	1000—2500
Дрова (30% влажности*)	12 300	2 940	Торф в брикетах (20% влажности*)	15 100	3 600
» (40% влажности*)	10 200	2 400	Торф кусковой (40% влажности*)	10 900	2 600
Каменный уголь	20 900—30 150	5000—7200	Тротил (взрывчатое вещество)	15 100	3 600
Кизяк	11 500	2 760	Ядерное горючее	$\approx 7{,}4\cdot 10^{10}$	$\approx 1{,}8\cdot 10^{10}$
Лузга подсолнечная	14 300	3 400	*Жидкое*		
Металлическое горючее:**					
алюминий	31 000	7 400			
бериллий	66 600	15 900	Бензин авиационный	43 500—44 400	10 400—10 600
литий	43 100	10 300	» автомобильный	44 000	10 500
магний	24 830	5 930	Дизельное топливо	42 700	10 200

* Такова обычная влажность данного топлива.

** В состав некоторых твердых ракетных топлив вводятся металлы в виде высокодисперсионного порошка (размер частиц 1—2 мкм). Массовая доля этой добавки составляет примерно 10—20% от общей массы топлива, добавка повышает энергетические показатели топлива, в частности удельную теплоту сгорания.

Вид топлива	$q_н$ кДж/кг	$q_н$ ккал/кг
Жидкое ракетное топливо (жидкий кислород + керосин)	9 600	2 300
Керосин осветительный	43 100	10 300
Мазут	38 900—39 800	9300—9500
Спирт этиловый	26 000	6 200
Топливо для реактивных самолетов:		
Т-1	42 900	10 250
ТС-1; Т-7, РТ	43 100	10 300
Газообразное		
Ацетилен	47 930	11 440
Водород	119 700	28 600
Доменный газ	3 100	740
Биогаз	25 000	6 000
Коксовый газ	8 080	1 930
Метан	49 800	11 900
Оксид углерода (II)	42 300	10 100
Природный газ:*		
бугурусланский	41 000	9 800
газлинский	45 600	10 900
дашавский	49 000	11 700
карадагский	44 800	10 700
саратовский	45 600	10 900
ухтинский	41 900	10 000
Пропан	46 400	11 080
Сероводород	15 600	3 730
Этан	47 500	11 350
Этилен	47 300	11 300

* Природный газ примерно на 90% состоит из метана.

202. Физические свойства углеводородных горючих газов

Показатели	Бутан $CH_3(CH_2)_2CH_3$	Пропан $CH_3CH_2CH_3$	Этан CH_3CH_3	Метан CH_4
Плотность газа при нормальных условиях, кг/м³ . . .	2,703	2,019	1,357	0,717
Плотность жидкого газа (при 15 °С и нормальном давлении), кг/м³	582	509	446	424
Температура кипения при нормальном давлении, °С . . .	—0,5	—42,07	—88,63	—161,56
Температура плавления, °С . .	—138,35	—187,69	—183,23	—182,49
Критическая температура, °С	152,0	9,68	32,3	—82,5
Низшая теплота сгорания при 15 °С и нормальном давлении:				
МДж/м³	111,5	85,5	60,0	35,6
МДж/кг	47,0	45,7	45,4	49,8

203. Удельная теплота сгорания пищевых продуктов*

Продукт	Удельная теплота сгорания	
	кДж/кг	ккал/кг
Хлеб		
Хлеб ржаной подовый	8 884	2122
» » формовой	8 620	2059
» пшеничный подовый	9 261	2212
» » формовой	8 934	2134
Мясо-молочные продукты		
Баранина средней упитанности	9 537	2278
Говядина	7 524	1797
Жир свиной топленый	38 700	9243
Кефир, простокваша	2 700	645
Масло сливочное	32 690	7807
Молоко	2 796	668
Мясо гуся	14 130	3374
» курицы	5 380	1285
» утки	10 580	2526
Сливки (20% жирности)	8 905	2127
Сметана	14 790	3533
Творог жирный	9 755	2330
Рыба		
Карась	3 858	923
Сельдь полярная	12 900	3082

* Значения удельной теплоты сгорания относятся к съедобной части пищевого продукта (например, мясо и рыба без костей, овощи и фрукты без кожуры и косточек, яйца без скорлупы и т. д.).

Продолжение

Продукт	Удельная теплота сгорания	
	кДж/кг	ккал/кг
Окунь	3 520	842
Щука	3 500	836
Корнеплоды, овощи		
Арбуз	1 650	394
Картофель	3 776	902
Морковь	1 720	410
Огурцы свежие	572	139
Редис	1 050	250
Фрукты, ягоды		
Виноград	2 400	693
Вишня	2 625	627
Груши	2 200	525
Земляника садовая	1 730	443
Крыжовник	2 150	513
Малина	1 920	459
Слива	2 520	603
Смородина черная	2 470	590
Черника	1 820	435
Яблоки средней полосы	2 010	480
Прочие продукты		
Масло льняное, подсолнечное	38 900	9291
Мед	14 980	3577
Мороженое сливочное	7 498	1791
Сахар (песок, рафинад)	17 150	4096
Яйца	6 904	1649

204. Удельная теплота сгорания некоторых материалов и веществ

Вещество	Удельная теплота сгорания		Вещество	Удельная теплота сгорания	
	кДж/кг	ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг
Бумага фотографическая	13 300	3 170	Ледерин	17 750	4 240
Винипласт	18 100	4 320	Натрий металлический	10 900	2 600
Дерматин	21 600	5 150	Нафталин	40 600	9 700
Калий металлический	6 300	1 500	Органическое стекло	27 700	6 620
Каучук натуральный	44 800	10 700	Рубероид	29 500	7 050
Карболитовые изделия	26 000	6 200	Текстолит	20 900	5 000
Кинопленка целлулоидная	16 700	4 000	Штапельное волокно	13 800	3 300

205. Теплота сгорания суточного рациона пищи

Взрослое население страны по интенсивности труда делится на четыре группы. В первой таблице приводятся ориентировочные данные о суточной потребности в энергии лиц четырех групп, занимающихся различными видами профессиональной деятельности. Во второй таблице приведены те же данные для спортсменов.

Характер деятельности человека	Возрастная группа	Теплота сгорания суточного рациона пищи			
		мужчины		женщины	
		кДж	ккал	кДж	ккал
I. Лица, работа которых не связана с затратой физического труда или требует несущественных физических усилий (педагоги, врачи, ученые, инженеры, студенты, канцелярские работники и др.)	18—40 лет 40—60 лет	11 700—13 800 10 900—12 600	2800—3300 2600—3000	10 000—11 900 9 200—10 700	2400—2850 2200—2550
II. Работники механизированного труда и сферы обслуживания, деятельность которых не требует больших физических усилий (токари, фрезеровщики, столяры, трактористы, продавцы и др.)	18—40 лет 40—60 лет	12 600—14 700 11 700—13 400	3000—3500 2800—3200	10 700—12 600 9 800—11 300	2550—3000 2350—2700
III. Работники механизированного труда и сферы обслуживания, деятельность которых связана со значительными физическими усилиями (кузнецы, слесари, сельскохозяйственные работники, штукатуры и др.)	18—40 лет 40—60 лет	13 400—15 500 12 100—13 800	3200—3700 2900—3300	11 300—13 200 10 500—11 900	2700—3150 2500—2850
IV. Работники немеханизированного труда	18—40 лет	15 500—17 600	3700—4200	13 200—15 100	3150—3600

Примечание. Для мужчин, занятых очень тяжелым ручным трудом (грузчики, косцы и др.), теплота сгорания суточного рациона должна составлять 18 800 кДж/сут (4500 ккал/сут), для школьников 11—15 лет ≈ 12 000 кДж/сут (2900 ккал/сут), 15—18 лет ≈ 13 800 кДж/сут (3300 ккал/сут).

Вид спорта	Теплота сгорания суточного рациона пищи			
	мужчины		женщины	
	кДж	ккал	кДж	ккал
Футбол, хоккей	18 400—20 100	4400—4800	—	—
Гимнастика	15 100—17 600	3600—4200	12 600—15 100	3000—3600
Волейбол, баскетбол	17 600—18 800	4200—4500	15 100—15 900	3600—3800
Плавание	16 700—18 800	4000—4500	14 200—15 900	3400—3800
Бег (спринтерский), прыжки, метание копья, диска	15 500—17 600	3700—4200	13 400—15 100	3200—3600
Бег (стайерский)	20 900—23 000	5000—5500	—	—
Бег на лыжах (короткие дистанции)	18 400—19 700	4400—4700	15 500—16 700	3700—4000
» » » (длинные дистанции)	20 100—20 900	4800—5000	—	—
Бег на коньках	18 400—19 700	4400—4700	15 500—16 700	3700—4000

206. Физические параметры жидких ракетных топлив

В таблице приведены физические характеристики некоторых жидких двухкомпонентных ракетных топлив и входящих в них компонентов. Такие двухкомпонентные топлива являются основными для современных мощных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД).

ρ — плотность при температуре кипения; $t_{пл}$ — температура плавления; q — удельная теплота сгорания топлива; t — температура газов в камере сгорания ЖРД.

Окислитель				Горючее				Топливо		
Название	ρ, кг/м^3	$t_{пл}$, °C	$t_{кип}$, °C	Название	ρ, кг/м^3	$t_{пл}$, °C	$t_{кип}$, °C	ρ, кг/м^3	q, МДж/кг (ккал/кг)	t, °C
Жидкий кислород	1140	—219	—183	Керосин	820—840*	—60	150—210	1020	9,46 (2260)	3400
Жидкий кислород	1140	—219	—183	Жидкий водород	71	—259	—253	350	13,55 (3250)	3150
Жидкий кислород	1140	—219	—183	Аммиак жидкий	682	—78	—33,4	890	6,82 (1630)	2800
Жидкий кислород	1140	—219	—183	НДМГ**	790*	—58	63,9	990	9,29 (2220)	3350
Оксид азота (IV)	1450*	—11,2	21	НДМГ**	790*	—58	63,9	1180	7,20 (1720)	3140
Азотная кислота	1522*	—41,6	82,6	НДМГ**	790*	—58	63,9	1270	5,99 (1430)	2900
Жидкий фтор	1507	—220	—188	Жидкий водород	71	—259	—253	670	12,94 (3090)	4490

Примечания. 1. Значения удельной теплоты сгорания топлива (q) и температуры газов (t) в камере сгорания ЖРД ориентировочные.
2. Горючая компонента топлива составляет 15—25% от массы всего топлива

* При температуре 20 °C.

** НДМГ — сокращенное название несимметричного диметилгидразина $(CH_3)_2N_2H_2$.

207. Энергетические затраты при различных видах деятельности человека

В таблице приведены ориентировочные значения энергозатрат человека (массой 70 кг) в 1 ч при различных видах его деятельности.

Вид деятельности	Энергозатраты	
	кДж	ккал
Управление грузовой автомашиной	590—1090	140—260
» мотоциклом	630	150
Работа токаря, слесаря, фрезеровщика, строгальщика	670—1550	160—370
Работа плотника-строителя	1470—1550	350—370
» штукатура	920—1260	220—300
» маляра	960	230
» столяра	880—1050	210—250
» машиниста локомотива	670—800	160—190
» тракториста	540—1050	130—250
» комбайнера (уборка зерновых)	710—840	170—200
» прицепщика	800—1200	190—290
» на кукурузоуборочном комбайне	630—750	150—180
» на лафетной жатке	840—960	200—230
Косьба вручную	1800—2900	440—700
» косилкой	1000—1130	240—270
Сгребание сена граблями	1590—1670	380—400
Укладывание сена в копны	1920	460
Езда на велосипеде (со скоростью 13—21 км/ч)	2260	540
Езда на лошади рысью	1550	370
Ходьба по ровной местности (со скоростью 5 км/ч)	960—1130	230—270
Сон	270	65
Сидение (в покое)	420	100
Спокойное лежание	320	77
Физическая зарядка	1000—1420	240—340
Стойка «вольно»	440	105
Печатание на машинке	590	140
Шитье	420—670	100—160
Мытье посуды	590	140
Стирка белья, мытье полов	840—1130	200—270
Чтение лекций	920	220
Чтение про себя	380	90
Подготовка к урокам	380—460	90—110
Практические занятия (лабораторные работы)	420—460	100—110

208. Затраты энергии при спортивных соревнованиях (ориентировочные значения)

Вид соревнований	Длина дистанции, м	Затрата энергии		Вид соревнований	Длина дистанции, м	Затрата энергии	
		кДж	ккал			кДж	ккал
Бег . . .	100	150	35	Плавание . . .	200	590	140
» . . .	200	290	70	» . . .	400	840	200
» . . .	400	420	100	Лыжные гонки	10 000	3 800	900
» . . .	5 000	1 880	450	» »	20 000	7 100	1700
» . . .	10 000	3 140	750	» »	30 000	10 000	2400
» . . .	42 195	10 500	2500	» »	50 000	16 700	4000
Плавание	100	420	100				

209. Соотношения между единицами удельного расхода топлива

Единицы удельного расхода топлива	кг/Дж	г/(л. с.·ч)	г/(кВт·ч)
1 кг/Дж	1	$2{,}65 \cdot 10^{9}$	$3{,}60 \cdot 10^{9}$
1 г/(л. с.·ч)	$3{,}78 \cdot 10^{-10}$	1	1,36
1 г/(кВт·ч)	$2{,}78 \cdot 10^{-10}$	0,735	1

Примечание. 1 кг/Дж $= 2{,}64780 \cdot 10^{9}$ г/(л. с.·ч) $= 3{,}6 \cdot 10^{6}$ кг/(кВт·ч); 1г/(л. с.·ч) $= 3{,}77674 \cdot 10^{-10}$ кг/Дж $= 1{,}3596$ г/(кВт·ч) $= 1{,}3596 \cdot 10^{-3}$ кг/(кВт·ч)

210. Примерные энергетические балансы некоторых процессов, установок, машин, электростанций, %

Стационарная паровая машина	
Потери энергии с охлаждающей водой	57,2
» » в котле	24
» » в трубопроводах	2
» » от охлаждения	1,8
Полезно используемая энергия	15
Теплоэлектроцентраль	
Потери энергии с охлаждающей водой	0
» » с дымовыми газами	8
» » в топке	2
» » в турбогенераторе	4,7
» » на собственные нужды	3,2
» » в трубопроводах	1,5
Полезно используемая энергия	80,6
Из нее отдается потребителям в виде:	
горячей воды и пара	40
пара для производства	18
электроэнергии	22,6
Стационарный дизель	
Потери энергии с выхлопными газами	27
» » с охлаждающей водой	25
» » связанные с преодолением механических сопротивлений	8,5
Потери энергии в окружающую среду	3,5
Полезно используемая энергия	36
Конденсационная паротурбинная электростанция	
Потери энергии с охлаждающей водой	47
» » с уходящими дымовыми газами	8
Потери энергии в топке	2
» » в турбогенераторе	3
Расход энергии на собственные нужды электростанции	2
Потери энергии от охлаждения паропроводов	1,5
Полезно используемая энергия	36,5
Двигатель автомобиля (карбюраторный)	
Потери энергии с уходящими газами	35
» » с водой	25
» » на работу трения и привод вспомогательных механизмов (трение поршней, в подшипниках, привод магнето, насосов, механизма распределения)	10
Потери энергии от неполноты сгорания топлива	5
Полезно используемая энергия	25
Двигатель (поршневой) самолета	
Потери энергии с выхлопными газами	43—45
» » от неполноты сгорания топлива	13—15
» » при охлаждении	15—18
Полезно используемая энергия	25—27
Турбовинтовой двигатель	
Потери энергии от неполноты сгорания топлива	≈3
» » через стенки двигателя	≈2
» » с выхлопными газами	≈65
Полезно используемая энергия (преобразованная в работу)	≈30
Турбореактивный двигатель (ТРД) самолета	
Потери энергии от неполноты сгорания топлива и нагревания деталей	3—4

Продолжение

Потери энергии с выхлопными газами	55—70
» » от неполного использования кинетической энергии выхлопных газов	5—10
Полезно используемая энергия	20—30

Двигатель трактора (дизель)

Потери энергии с выхлопными газами	22
» » с охлаждающей водой	20—25
» » на преодоление механических сопротивлений	20
Другие потери	4—5
Полезно используемая энергия	28—32

Современный мощный котельный агрегат

Потери энергии с уходящими газами	7—12
» » от неполноты сгорания	2—4
» » в окружающую среду	0,5
Полезно используемая энергия	86—90

Паровоз

Потери энергии в топке	≈8
Служебный расход пара (стокер и пр.)	6
Потери энергии от внешнего охлаждения котла	1,5
» » с уходящими газами	17—18
» » от утечки пара	5
» » в машине (с отработавшим паром и др.)	≈52
Потери энергии на преодоление механических сопротивлений	2
Полезно используемая энергия	≈8

Тепловоз

Потери энергии с уходящими газами	30
Потери энергии с охлаждающей водой	26
Остальные потери	16
Полезно используемая энергия	28

Атомная электростанция

Потери энергии в паровом котле (теплообменнике)	≈5
» » в холодильнике (конденсаторе)	≈60—65
Превращено в электроэнергию	≈25—35

Электрическая сварка

	Открытой дугой	Под флюсом	Электрошлаковым способом
Энергия, идущая на:			
нагревание основного металла	50	54	49,1
плавление электрода	25	27	23,6
» флюса	—	18	—
нагревание ползунов	—	—	15,6
перегрев металлической и шлаковой ванн	—	—	10,5
Потери энергии в окружающую среду	20	—	—
Потери энергии вследствие разбрызгивания нагретого металла	5	1	1,2

Выстрел из орудия

Потери энергии с нагретыми пороховыми газами при их истечении из канала ствола	более 50—60
Энергия, идущая на откат ствола	0,5—1
» » » нагревание ствола	до 3
Полезно используемая энергия (кинетическая энергия поступательного и вращательного движения снаряда)	до 25—40

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

211. Диэлектрическая проницаемость различных веществ

В таблице приведены значения диэлектрической проницаемости ε жидкостей и твердых тел для постоянных электрических полей при температуре 20 °C и газов при нормальном атмосферном давлении и температуре 0 °C (если температура не указана особо).

Вещество	ε
Газы, пары	
Азот	1,000580
Аргон	1,000545
Ацетон (при $t=100$ °C)	1,0159
Водород	1,000264
Водяной пар (при $t=110$ °C)	1,0126
Воздух	1,000590
Гелий	1,000068
Кислород	1,000532
Криптон	1,000768
Ксенон (при $t=25$ °C)	1,001238
Метан (при $t=25$ °C)	1,000804
Неон	1,000127
Озон	1,00190
Спирт метиловый (пары, при $t=100$ °C)	1,0057
Спирт этиловый (пары, при $t=100$ °C)	1,0061
Углерода оксид (IV)	1,0029
» оксид (II) (при $t=25$ °C)	1,00634
Этилен (при $t=25$ °C)	1,001328
Жидкости	
Азот (при $t=-198,4$ °C)	1,445
Аммиак (при $t=-50$ °C)	22,7
Аргон (при $t=-184,4$ °C)	1,516
Ацетон (при $t=25$ °C)	20,74
Бензин	1,9—2,0
Вазелин	2,2
Вода (при $t=0$ °C)	88
»	81
Водород (при $t=-252,85$ °C)	1,225
Гелий (при $t=-269,0$ °C)	1,048
Глицерин	43
Керосин	2,1
Масло касторовое	4,0—4,5
Масло трансформаторное	2,1—2,4
Скипидар	2,2—2,3
Совол	5,0
Спирт метиловый	33,1
» этиловый (при $t=25$ °C)	25,2
Толуол	2,3
Эфир этиловый	4,4
Твердые тела	
Береза (10% влажности)	3,1
Алмаз	5,7
Бакелит	3—5
Бумага	2,0—2,5
» конденсаторная	3,4—3,7
Винипласт	3,2—4,0
Воск пчелиный	2,5—3,0
Гетинакс	5,0—8,0
Древесина	2,2—3,7
Каменная соль	6
Капрон	3,6—5,0
Кварц плавленый	3,5—4,1
Лавсан	3,0—3,5
Лед (при $t=-50$ °C)	3,8
» (при $t=-10$ °C)	69,4
Мрамор	8—10
Органическое стекло	3,5—3,9
Парафин	1,9—2,2
Полистирол	2,4—2,6
Полихлорвинил	3,2—4,0
Полиэтилен	2,2—2,4
Резина электроизоляционная	3,0—6,0
Слюда	5,7—7,2
Смола эпоксидная	3,8—4,6
Специальные керамические массы, содержащие BaO и TiO_2	1000—10 000
Стекло кварцевое	3,2—3,5
» обыкновенное	6,0—10,0
Сургуч	3,0
Текстолит	6,0—8,0
Титанат бария	1200
Фарфор	4,4—6,8
Фибра	2,5—8,0
Фторопласт-4	1,9—2,2
Целлулоид	4,1
Шеллак	3,1—3,7
Шифер	6,0—10,0
Эбонит	2,7—3,5
Электрокартон	2,5—4,0
Эскапон	2,8—3,0
Янтарь	2,7—2,9

212. Дипольные моменты молекул

В таблице приводятся значения электрического дипольного момента* для некоторых молекул. Единицами дипольного момента являются кулон-метр и дебай (*D*)**.

Вещество	Химическая формула вещества	Дипольный момент	
		10^{-30} Кл·м	*D*
Азот	N_2	0	0
Азота оксид (IV)	NO_2	0,96	0,29
Азота оксид (II)	NO	0,53	0,16
Аммиак	NH_3	4,82	1,46
Анилин	$C_6H_5NH_2$	4,88	1,48
Ацетилен	C_2H_2	0	0
Ацетон	CH_3COCH_3	9,73	2,95
Вода	H_2O	6,07	1,84
Водород	H_2	0	0
Водорода пероксид	H_2O_2	7,03	2,13
Глицерин	$CHOH(CH_2OH)_2$	8,81	2,67
Калия хлорид	KCl	26,4	8,0
Метан	CH_4	0	0
Озон	O_3	1,61	0,49
Оксид серы (IV)	SO_2	5,31	1,61
Спирт метиловый	CH_3OH	5,58	1,69
» этиловый	C_2H_5OH	5,61	1,70

* Дипольный момент — вектор, направленный от отрицательного заряда к положительному; его модуль равен произведению заряда на расстояние между зарядами.

** Единица электрического дипольного момента — дебай — назван по имени физика-теоретика П. Дебая. 1 $D = 10^{-18}$ $СГС_Q$·см $= 3{,}33564 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.

213. Удельное электрическое сопротивление металлов, применяемых в электротехнике

Удельное электрическое сопротивление ρ зависит от примесей, содержащихся в металле, поэтому в таблице приведены усредненные значения ρ (при $t = 20$ °С) основных металлов, применяемых в электротехнике.

Металл	ρ, мкОм·м	Металл	ρ, мкОм·м
Алюминий	0,028	Олово	0,12
Висмут (при $t = 0$ °С)	1,065	Платина	0,105
Вольфрам	0,055	Рений	0,21
Железо	0,098	Ртуть	0,958
Золото	0,024	Свинец	0,205
Индий	0,09	Серебро	0,016
Кадмий	0,076	Тантал	0,135
Кобальт	0,062	Титан	0,42
Медь	0,0172	Хром	0,14
Молибден	0,057	Цинк	0,059
Никель	0,973	Цирконий	0,41
Ниобий	0,18		

Примечания. 1. См. также табл. 216. 2. Значение температурного коэффициента удельного электрического сопротивления для различных проводников см. в табл. 217.

214. Относительное изменение удельного электрического сопротивления ρ некоторых металлов при плавлении

Металл	$\rho_{жид}/\rho_{тв}$	Металл	$\rho_{жид}/\rho_{тв}$
Алюминий	1,64	Натрий	1,45
Висмут	0,43	Олово	2,10
Галлий	0,58	Ртуть	3,20
Железо	1,09	Серебро	1,90
Золото	2,28	Сурьма	0,63
Медь	2,40	Цинк	2,19

Примечание. При переходе из твердого состояния в жидкое удельное электрическое сопротивление увеличивается у тех металлов, удельный объем которых в расплавленном состоянии больше, чем в твердом; у металлов с противоположным изменением удельного объема (например, у висмута, сурьмы, галлия) наблюдается уменьшение удельного сопротивления при плавлении.

215. Электрическое сопротивление проводов различного диаметра, изготовленных из сплавов высокого сопротивления

В таблице приведены значения сопротивления *R* 1 м провода в зависимости от диаметра *d* и площади сечения *S*, а также длина *l* провода, имеющего электрическое сопротивление 1 Ом.

d, мм	*S*, мм²	Манганин		Константан		Нихром	
		R, Ом	*l*, м	*R*, Ом	*l*, м	*R*, Ом	*l*, м
0,10	0,0079	54,8	0,0183	62,4	0,016	138	0,0072
0,20	0,0314	13,7	0,073	15,6	0,0642	34,4	0,0292
0,30	0,0707	6,06	0,165	6,93	0,144	15,3	0,0654
0,40	0,1257	3,42	0,292	3,89	0,257	8,64	0,116
0,50	0,1964	2,20	0,455	2,50	0,40	5,51	0,183
0,60	0,2827	1,52	0,658	1,73	0,58	3,82	0,262
0,70	0,3848	1,12	0,895	1,24	0,81	2,81	0,356
0,80	0,5026	0,85	1,171	0,97	1,03	2,16	0,464
0,90	0,6362	0,67	1,483	0,77	1,30	1,70	0,589
1,0	0,7854	0,55	1,825	0,62	1,60	1,38	0,725
1,1	0,9503	0,45	2,21	0,52	1,94	1,14	0,879
1,2	1,1310	0,38	2,64	0,43	2,33	0,96	1,05
1,3	1,3273	0,32	3,08	0,37	2,76	0,82	1,23
1,4	1,5394	0,28	3,63	0,32	3,14	0,70	1,42
1,5	1,7671	0,24	4,12	0,28	3,63	0,61	1,63
1,6	2,0106	0,21	4,67	0,24	4,11	0,54	1,86
1,7	2,2698	0,19	5,29	0,22	4,64	0,48	2,10
1,8	2,5447	0,17	5,81	0,19	5,22	0,43	2,36
1,9	2,8353	0,15	6,58	0,17	5,80	0,38	2,62
2,0	3,1416	0,14	7,30	0,16	6,41	0,34	2,91

Примечание. Сплавы, из которых изготовлены указанные в таблице провода, имеют весьма малый температурный коэффициент удельного электрического сопротивления.

216. Удельное электрическое сопротивление ρ некоторых металлов, сплавов и материалов (при $t = 20$ °С)

Вещество	ρ, мкОм·м	Вещество	ρ, мкОм·м
Альсифер	0,81	Натрий	0,049
Графит для реакторов	8—20	Нейзильбер МНЦ-15-20	0,30—0,45
» природный (при $t = 0$ °С)	3,5—63,0	Никелин	0,39—0,45
Дуралюмин	0,033	Нихром Х20Н80	1,0—1,1
Инвар	0,81	Осмий	0,095
Иридий	0,053	Платинит	0,45
Калий	0,071	Платиноиридиевый сплав (при $t = 0$ °С)	0,25
Константан МНМц-40-1,5	0,48—0,52	Сплав Вуда	0,52
Латунь Л-68	0,071	Сталь (0,10—0,15% С)	0,10—0,14
Магний	0,045	Уран (при $t = 25$ °С)	0,30
Манганин МНМц-3-12	0,42—0,48	Фехраль Х13Ю4	1,2—1,3
Марганец	1,5—2,6	Хромаль Х25Ю5	1,3—1,5
		Чугун	0,52—0,80

217. Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления металлов и сплавов

В таблице приведены средние значения температурного коэффициента удельного электрического сопротивления α_ρ в интервале температур от 0 до 100 °С для некоторых металлов и сплавов.

Металл или сплав	α_ρ, °С$^{-1}$	Металл или сплав	α_ρ, °С$^{-1}$
Алюминий	0,0042	Олово	0,0044
Висмут	0,0046	Осмий	0,0042
Вольфрам	0,0048	Платина	0,0039
Железо	0,0060	Платинит (при $t = 0$ °С)	0,003
Золото	0,0040	Платиноиридиевый сплав	0,0013
Индий	0,0047	Ртуть	0,0010
Кадмий	0,0042	Свинец	0,0037
Кобальт	0,0060	Серебро	0,0040
Константан	−0,00005	Сплав Вуда	0,0037
Магний	0,0039	Сталь (0,10—0,15% С)	0,006
Манганин	0,00001	Тантал	0,0038
Марганец	0,0002—0,0003	Титан	0,0044
Медь	0,0043	Фехраль	0,00010—0,00012
Молибден	0,0043	Хром	0,0059
Натрий	0,0055	Хромаль	0,000065
Нейзильбер	0,0003	Цинк	0,0042
Никелин	0,0001	Цирконий	0,0045
Никель	0,0065	Чугун	0,0010
Ниобий	0,003		
Нихром	0,0001		

218. Удельное электрическое сопротивление ρ жидких диэлектриков (при t = 20 °С)

Диэлектрик	ρ, Ом·м	Диэлектрик	ρ, Ом·м
Аммиак (при $t=-79$ °С)	$7{,}7\cdot10^4$	Касторовое масло	10^8—10^{10}
Анилин (при $t=-25$ °С)	$4{,}2\cdot10^5$	Керосин осветительный	$4{,}6\cdot10^{10}$
Ацетон	$8{,}3\cdot10^4$	Нафталин жидкий (при $t=82$ °С)	$2{,}5\cdot10^7$
Бензол	$10^{11}-10^{12}$	Серная кислота	10
Бензин авиационный (Б-70)	$4{,}6\cdot10^{11}$	Совол	10^8—10^{10}
Бензин автомобильный (А-66), топливо ТС-1	$1{,}7\cdot10^{11}$	Спирт метиловый	$2{,}3\cdot10^4$
Вода дистиллированная	10^3—10^4	» этиловый	$1{,}5\cdot10^5$
» речная	10—100	Толуол	10^{10}—10^{12}
» чистейшая, перегнанная в вакууме . . .	$2{,}05\cdot10^5$	Трансформаторное масло	$10^{10}-10^{13}$
Глицерин	$1{,}6\cdot10^5$	Хлор жидкий (при $t=-70$ °С)	$>10^{14}$
Дизельное топливо	$1{,}8\cdot10^{10}$—$3{,}1\cdot10^{10}$	Эфир этиловый (при $t=25$ °С)	$2{,}5\cdot10^{10}$

219. Удельная электропроводность предельно чистой воды

В таблице приведены значения удельной электропроводности σ предельно чистой воды (перегнанной в вакууме) при различной температуре *t*.

t, °С	σ, 10^{-6} См/м	*t*, °С	σ, 10^{-6} См/м	*t*, °С	σ, 10^{-6} См/м
0	1,58	25	6,33	35	10,02
10	2,85	30	8,15	50	18,90
20	4,85				

Для сравнения: удельная электропроводность воды (при $t=20$ °С), перегнанной в присутствии воздуха, равна $1\cdot10^{-4}-2\cdot10^{-4}$ См/м.

220. Удельное электрическое сопротивление ρ твердых диэлектриков (при t = 20 °С)

Диэлектрик	ρ, Ом·м	Диэлектрик	ρ, Ом·м
Алмаз	$10^{10}-10^{11}$	Полиэтилен	$10^{13}-10^{15}$
Береза сухая	10^8	Резина электроизоляционная	$\approx10^{13}$
Бумага	10^{10}	Слюда	$10^{11}-10^{15}$
Воск пчелиный	$2\cdot10^{13}$	Стекло	10^9—10^{13}
Гетинакс	10^9—10^{12}	Текстолит	10^8
Дуб сухой	10^{10}	Фарфор	10^{10}—10^{13}
Канифоль	10^{12}—10^{13}	Фибра	10^8
Капрон	10^8—10^9	Фторопласт-4	10^{16}—10^{17}
Лавсан	10^{14}—10^{16}	Церазин	10^{13}—10^{15}
Мрамор	10^5—10^6	Шифер	$4\cdot10^5$
Органическое стекло . . .	10^{11}—10^{13}	Эбонит	10^{12}—10^{14}
Парафин	10^{14}	Эпоксидные смолы	10^{12}—10^{13}
Полистирол	10^{13}—10^{15}	Янтарь	10^{15}—10^{17}
Полихлорвинил	10^{10}—10^{12}		

221. Соотношения между единицами электрического сопротивления

Единицы электрического сопротивления	Ом	кОм	МОм	$СГС_R$
1 Ом	1	10^{-3}	10^{-6}	$1{,}11 \cdot 10^{-12}$
1 кОм	10^3	1	10^{-3}	$1{,}11 \cdot 10^{-9}$
1 МОм	10^6	10^3	1	$1{,}11 \cdot 10^{-6}$
1 $СГС_R$ (единица электрического сопротивления в системе СГС)	$8{,}99 \cdot 10^{11}$	$8{,}99 \cdot 10^8$	$8{,}99 \cdot 10^5$	1

Примечание. 1 Ом $= 1{,}11265 \cdot 10^{-12}$ $СГС_R \approx 1{,}11 \cdot 10^{-12}$ $СГС_R$; 1 $СГС_R = 8{,}98755 \cdot 10^{11}$ Ом $\approx 8{,}99 \cdot 10^{11}$ Ом $\approx 9{,}0 \cdot 10^{11}$ Ом.

222. Соотношения между единицами удельного электрического сопротивления

Единицы удельного электрического сопротивления	Ом·м	Ом·см	Ом·мм²/м	$СГС_\rho$
1 Ом·м	1	100	10^6	$1{,}11 \cdot 10^{-10}$
1 Ом·см	0,01	1	10^4	$1{,}11 \cdot 10^{-12}$
1 Ом·мм²/м	10^{-6}	10^{-4}	1	$1{,}11 \cdot 10^{-16}$
1 $СГС_\rho$ (единица удельного электрического сопротивления в системе СГС)	$8{,}99 \cdot 10^9$	$8{,}99 \cdot 10^{11}$	$8{,}99 \cdot 10^{15}$	1

Примечание. 1 Ом·м $= 1{,}11265 \cdot 10^{-10}$ $СГС_\rho$;
1 Ом·мм²/м $= 1{,}11 \cdot 10^{-16}$ $СГС_\rho$;
1 $СГС_\rho = 8{,}98755 \cdot 10^9$ Ом·м $\approx 8{,}99 \cdot 10^9$ Ом·м $\approx 9{,}0 \cdot 10^9$ Ом·м.

223. Наибольшая критическая температура ($T_к$) сверхпроводников

Вещество	$T_к$, К	Год обнаружения сверхпроводимости	Вещество	$T_к$, К	Год обнаружения сверхпроводимости
Hg (ртуть)	4,1	1911	Металлооксидная керамика состава La-Cu-Ba-O	≈30	1986
Pb (свинец)	7,2	1913	Керамика состава Y-Ba-Cu-O (соединение, называемое «1-2-3»)	≈95	1987
Nb (ниобий)	9,2	1930	Висмутсодержащая керамика	≈120	1987
Nb_3Sn (ниобия станнид)	18,1	1951	Рекордное значение $T_К$ (на начало 1989 г.)	162	1988
Nb_3Ga (ниобия галлид)	20,3	1971			
Nb_3Ge (ниобия германид)	23,2	1973			

224. Критическая температура $T_к$ сверхпроводящих металлов

Металл	$T_к$, K	Металл	$T_к$, K
Ниобий	9,28	Алюминий	1,19
Технеций	8,2	Галлий	1,09
Свинец	7,19	Молибден	0,95
Лантан	5,9	Цинк	0,91
Ванадий	5,3	Уран	0,80
Тантал	4,46	Осмий	0,71
Ртуть	4,152	Цирконий	0,56
Олово	3,72	Кадмий	0,56
Индий	3,37	Рутений	0,47
Таллий	3,38	Титан	0,4
Рений	1,69	Гафний	0,35
Торий	1,39	Иридий	0,14

Примечания. 1. В настоящее время известно более 500 сверхпроводящих материалов. Высокие критические температуры наблюдаются в сплавах, основанных на ниобии; например, соединение ниобия с оловом (Nb_2Sn) имеет $T_к=18{,}06$ K. Однако это соединение весьма хрупкое и ломкое. Сейчас широкое техническое применение получили сплавы ниобия с цирконием (66% Nb+34% Zr) и ниобия с титаном (60% Nb+40% Ti). Критическая температура сплава NbZr $T_к=10{,}8$ K, а сплава NbTi $T_к=9{,}7$ K. Ценность этих сплавов обусловливается их технологическими качествами: они поддаются ковке, прессовке, прокатке.

Наиболее высокую критическую температуру до 1986 г. имело соединение ниобия с германием (Nb_3Ge) — у этого соединения $T_к=23{,}20$ K.

2. В конце 1986 г. в керамике, полученной спеканием оксидов лантана, меди и бария, была обнаружена высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП) — при значении $T_к\approx30$ K. В последующем были открыты сверхпроводники с еще более высокими критическими температурами (см. табл. 223). После открытия ВТСП считалось, что она реализуется только в соединениях, содержащих редкоземельные элементы и медь. Теперь ВТСП получена в веществах и без редких земель и даже без меди (однако высокотемпературных сверхпроводников без кислорода — в отличие от уже известных, низкотемпературных, сверхпроводников — пока нет: кислород присутствует во всех соединениях, обладающих ВТСП).

По данным на начало 1989 г. свойства ВТСП устойчиво демонстрируют четыре группы веществ: лантановые и иттриевые группы и две группы сверхпроводников на основе висмута и таллия. Созданные образцы из материалов (керамик), обладающих ВТСП, имеют небольшие размеры. Они очень хрупки, и из них не удается получить длинноразмерных образцов, кабелей — при прокатке или волочении они рассыпаются в порошок. Задача состоит не только в поиске сверхпроводящих материалов, но и в том, чтобы сделать их технологичными.

225. Критическая напряженность магнитного поля $H_к$, разрушающего сверхпроводимость

Химический сверхпроводящий элемент	$H_к$		Химический сверхпроводящий элемент	$H_к$	
	кА/м	Э		кА/м	Э
Ниобий	154,7	1944	Алюминий	7,9	99
Свинец	63,9	803	Галлий	4,1	51
Ванадий	104,2	1310	Цинк	4,2	53
Тантал	66,0	830	Осмий	5,2	65
Лантан	127,3	1600	Цирконий	3,7	47
Ртуть	32,7	411	Кадмий	2,4	30
Олово	24,4	306	Рутений	5,3	66
Индий	22,5	283	Титан	8,0	100
Таллий	12,9	162	Иридий	1,6	20
Рений	16,0	201			

226. Ток плавления различных проводов

Ток плавления, А	Диаметр провода, мм					
	медь	алюминий	железо	свинец	олово	никелин
1	0,053	0,066	0,118	0,210	0,183	0,084
2	0,086	0,104	0,189	0,325	0,285	0,135
3	0,112	0,137	0,245	0,425	0,380	0,177
5	0,157	0,193	0,345	0,60	0,53	0,25
7	0,203	0,250	0,45	0,78	0,66	0,32
10	0,250	0,305	0,55	0,95	0,85	0,39
15	0,32	0,40	0,72	1,25	1,02	0,52
20	0,39	0,48	0,87	1,52	1,35	0,62
25	0,46	0,56	1,00	1,75	1,56	0,73
30	0,52	0,64	1,15	1,98	1,77	0,81
35	0,58	0,70	1,26	2,20	1,95	0,91
40	0,63	0,77	1,38	2,44	2,14	0,99
45	0,68	0,83	1,50	2,65	2,30	1,08
50	0,73	0,89	1,60	2,78	2,45	1,15
60	0,82	1,00	1,80	3,15	2,80	1,30
70	0,91	1,10	2,00	3,50	3,10	1,43
80	1,00	1,22	2,20	3,80	3,40	1,57
90	1,08	1,32	2,38	4,10	3,65	1,69
100	1,15	1,42	2,55	4,40	3,9	1,82

227. Сила тока, опасная для жизни человека

В таблице приводятся ориентировочные данные, касающиеся электробезопасности.

Характер воздействия тока на человека

Сила тока, мА	Переменный ток ($f = 50$ Гц)	Постоянный ток
До 0,5	Не ощущается	Не ощущается
0,6—1,5	Легкое дрожание пальцев	Не ощущается
2—3	Сильное дрожание пальцев	Не ощущается
5—10	Судороги в руках	Зуд, ощущение нагрева
12—15	Руки трудно оторвать от электродов. Сильная боль. Состояние терпимо в течение 5—10 с	Усиление нагрева
20—25	Мгновенная судорога мышц («неотпускающий ток»). Затрудняется дыхание	Сокращение мышц рук
50—80	Паралич дыхания («мнимая смерть»)	Судороги в руках, затруднение дыхания
90—100	Паралич дыхания. При длительном действии (3 с и более) паралич сердца	Паралич дыхания

*Электрическое сопротивление тела человека**

Цепь	Сопротивление, кОм при напряжении сети, В		
	127	220	выше 220
От ладони к тыльной части кисти руки	2,5	0,8	0,65
От ладони к ногам или от ладони одной руки к ладони другой	3,4	1,6	1,0
От тыльной части руки или от плеча к ноге	2,8	1,2	0,8

Примечание. Значение удельного электрического сопротивления различных тканей тела человека см. в табл. 18.

* Электрическое сопротивление человеческого тела определяется в основном сопротивлением поверхностного рогового слоя кожи (эпидермиса). Тонкая, нежная и особенно покрытая потом или увлажненная кожа, а также кожа с поврежденным наружным слоем эпидермиса хорошо проводит ток. Сухая, огрубевшая кожа является весьма плохим проводником. В зависимости от состояния кожи, пути тока и значения электрического напряжения сопротивление тела человека составляет от 0,5—1,0 до 100 кОм. При расчетах электрическое сопротивление тела человека обычно принимается равным 1 кОм. В отношении техники безопасности к переменному и постоянному току предъявляются одинаковые требования.

Сопротивление обуви

Помещение	Материал подошвы	Сопротивление, кОм при напряжении сети, В		
		127	220	выше 220
Сухое	Кожа	150	100	50
	Кожимит	100	50	25
	Резина	500	500	500
Влажное, сырое	Кожа	0,8	0,5	0,2
	Кожимит	1,0	0,7	0,5
	Резина	1,8	1,5	1,0

228. Потенциал ионизации

Потенциалом ионизации (или ионизационным потенциалом) называется потенциал V, необходимый для отрыва (отделения) электрона от атома или иона. Числовое значение потенциала ионизации, выраженного в вольтах, равно числовому значению энергии ионизации (т. е. энергии, необходимой для отрыва электрона от атома или иона), выраженной в электронвольтах. Числовое значение первого потенциала ионизации V_0 равно числовому значению энергии, необходимой для отрыва электрона от нейтрального атома. Следующий, второй электрон отрывается уже не от нейтрального атома, а от ионизированного атома (от однозарядового положительного иона). Поэтому второй потенциал ионизации V_2 больше, чем первый ($V_2 > V_0$). Для отрыва третьего, четвертого и т. д. электрона от соответственно двухзарядового, трехзарядового и т. д. иона необходимы еще большие потенциалы ионизации.

В таблице приведены первые четыре ионизационных потенциала для 20 химических элементов.

Порядковый номер элементов	Название химического элемента	V_0		V_2		V_3		V_4	
		эВ	10^{-18} Дж	эВ	10^{-18} Дж	эВ	10^{-18} Дж	эВ	10^{-18} Дж
1	Водород .	13,59	21,78	—	—	—	—	—	—
2	Гелий . .	24,58	39,39	54,40	87,15	—	—	—	—
3	Литий . .	5,39	8,64	75,62	121,15	122,42	196,13	—	—
4	Бериллий	9,32	14,93	18,21	99,17	153,85	246,48	217,66	348,71
5	Бор . . .	8,296	13,291	25,15	40,29	37,92	60,75	259,30	415,42
6	Углерод .	11,264	18,046	24,376	39,052	47,86	76,68	64,48	103,3
7	Азот . . .	14,54	23,3	29,60	47,42	47,426	75,980	77,45	124,08
8	Кислород	13,614	21,81	35,15	56,31	54,93	88,03	77,39	123,98
9	Фтор . .	17,418	27,905	34,98	56,04	62,65	100,37	87,23	139,75
10	Неон . .	21,559	34,539	41,07	65,8	63,6	101,7	97,16	155,66
11	Натрий .	5,138	8,231	47,29	75,76	71,8	115,0	98,88	158,41
12	Магний .	7,644	12,246	15,03	24,08	78,2	125,3	109,03	174,57
13	Алюминий	5,984	9,587	18,82	30,15	28,44	45,56	119,96	192,18
14	Кремний .	8,149	13,055	16,34	26,18	33,46	53,61	45,13	72,3
15	Фосфор .	10,55	16,9	19,65	31,48	30,16	48,32	51,35	82,27
16	Сера . .	10,357	16,593	23,4	37,5	34,8	55,8	47,29	75,76
17	Хлор . . .	13,01	20,84	23,80	38,1	39,9	63,9	53,3	85,3
18	Аргон . .	15,755	25,241	27,6	44,2	40,90	65,50	59,79	95,79
19	Калий . .	4,339	6,951	31,81	50,96	45,9	73,6	61,1	97,9
20	Кальций .	6,11	9,79	11,87	19,02	51,21	82,04	67,3	107,8

229. Потенциалы ионизации молекул

Вещество	Химическая формула	Потенциал ионизации, эВ	Вещество	Химическая формула	Потенциал ионизации, эВ
Азот	N_2	15,58	Метан	CH_4	12,99
Азота оксид (IV)	NO_2	9,79	Нафталин	$C_{10}H_8$	8,14
» оксид (II)	NO	9,25	Озон	O_3	12,3
Аммиак	NH_3	10,25	Сероводород . . .	H_2S	10,46
Анилин	C_6H_7N	7,70	Сероуглерод . . .	CS_2	10,08
Ацетилен	C_2H_2	11,41	Серы оксид (IV) . .	SO_2	12,34
Ацетон	C_3H_6O	9,69	Спирт метиловый	CH_4O	10,85
Бром	Br_2	10,55	Спирт этиловый . .	C_2H_6O	10,25
Вода	H_2O	12,59	Толуол	C_7H_8	8,82
Водород	H_2	15,43	Углерод	C_2	12,0
Водорода пероксид	H_2O_2	11,0	Углерода оксид (IV)	CO_2	13,77
Иод	I_2	9,28	Углерода оксид (II)	CO	14,01
Кислород	O_2	12,06	Хлор	Cl_2	11,48

230. Термоэлектродвижущая сила различных термоэлектродов в паре с платиной

В таблице приведены значения термоэлектродвижущей силы (Т-ЭДС) различных термоэлектродов в паре с химически чистой платиной* при температуре горячего спая 100 °С, а холодиого —0 °С.

Термоэлектрод	Состав сплава термоэлектрода	Т-ЭДС, мВ	Предельная температура, °С	
			при длительном применении	при кратковременном применении
Алюмель	95% Ni+5% (Al, Si, Mn)	—1,38	1000	1250
Алюминий	Al	+0,40	...	...
Висмут**	Bi	—7,30	...	...
Вольфрам	W	+0,79	2000	2500
Железо поделочное	Fe	+1,87	600	800
Золото	Au	+0,8	...	...
Иридий	Ir	+10,65	...	...
Константан	60%Cu+40% Ni	—3,5	600	800
Копель	56%Cu+44%Ni	—4,0	600	800
Магний	Mg	+0,41	...	...
Манганин	84% Cu+13% Mn+ +2% Ni+1% Fe	+0,8	...	...
Медь проводниковая	Cu	+0,75	350	500
Никель	Ni	—1,5	1000	1100
Нихром	80% Ni+20% Cr	+2,5	1000	1100
Олово	Sn	+0,43	...	...
Платиноиридий	90% Pt+10% Ir	+1,3	1000	1200
Платинородий	90% Pt+10% Rh	+0,64	1300	1600
Свинец	Pb	+0,44	...	...
Серебро	Ag	+0,72	600	700
Сурьма	Sb	+4,86	...	...
Хромель	90% Ni+10% Cr	+2,71	1000	1250
Цинк	Zn	+0,7	...	...

Примечание. Знак «плюс» или «минус» перед значением термо-ЭДС означает, что даный термоэлектрод в паре с платиной может быть положительным или отрицательным. При «плюсе» в спае, находящемся при 0 °С, ток идет от металла (сплава) к платине.

Для определения термо-ЭДС термопары с электродами из каких-либо двух указанных в таблице материалов следует взять разность термо-ЭДС этих материалов. Например, хромель-копелевая термопара имеет термо-ЭДС, равную +2,71—(—4,0)=6,71 мВ.

* В качестве общего для всех термопар электрода принято брать платину, потому что она обладает постоянством термоэлектрических свойств, устойчива при высоких температурах, сравнительно легко получается в чистом виде.

** Термоэлектроды, выпускаемые в виде проволок, лент, тонких прутков и др., должны быть прочны, поэтому такие хрупкие металлы, как сурьма или висмут, непригодны для изготовления термопар.

231. Работа выхода электронов

Вещество	Работа выхода, эВ	Вещество	Работа выхода, эВ	Вещество	Работа выхода, эВ
Алюминий . .	4,25	Магний . . .	3,64	Торий	3,30
Барий . . .	2,49	Медь	4,40	Углерод	4,7
Бериллий . .	3,92	Молибден .	4,3	Уран	3,3
Бор	4,5	Натрий . . .	2,35	Цезий	1,81
Ванадий . .	4,58	Никель . . .	4,50	Цинк	4,24
Висмут . . .	4,4	Ниобий . . .	3,99	Цирконий	3,9
Вольфрам . .	4,54	Олово . . .	4,38	Сульфид свинца . .	3,55
Германий . .	4,76	Осмий . . .	4,7	Бромид серебра . .	3,9
Железо . . .	4,31	Платина . .	5,32	Карбид тантала . .	3,0—4,4
Золото . . .	4,30	Ртуть . . .	4,52	» циркония .	2,1—4,0
Индий . . .	3,8	Рубидий . .	2,16	Оксид тория (IV) .	3,2
Иридий . . .	4,7	Свинец . . .	4,0	Вода	6,1
Кадмий . . .	3,8	Селен . . .	4,72	Хлорид серебра . .	4,6
Калий . . .	2,22	Серебро . .	4,3	Оксид бария (II) .	1,0—1,6
Кальций . .	2,80	Сурьма . . .	4,8	» меди (II) . .	4,35—5,34
Кобальт . . .	4,41	Таллий . . .	3,7	» кальция (II)	1,8—2,4
Кремний . .	4,8	Тантал . . .	4,12	Хлорид натрия . .	4,2
Литий . . .	2,38				

Примечание. 1 эВ $= 1{,}6021 \cdot 10^{-19}$ Дж.

232. Скорость и масса электрона при различной его энергии

В таблице приведены скорость v электрона, отношение этой скорости к скорости света c и отношение массы m электрона к массе покоящегося электрона m_e при различной энергии E электрона.

E, кэВ	v, 10^8 м/с	v/c	m/m_e	E, кэВ	v, 10^8 м/с	v/c	m/m_e
1	0,187	0,0624	1,002	200	2,085	0,6954	1,392
2	0,265	0,0883	1,004	300	2,328	0,7766	1,587
3	0,323	0,1078	1,006	400	2,482	0,8278	1,783
4	0,373	0,1245	1,008	500	2,587	0,8629	1,979
5	0,416	0,1389	1,010	600	2,662	0,8880	2,175
6	0,455	0,1519	1,012	700	2,718	0,9066	2,371
7	0,491	0,1639	1,014	800	2,761	0,9210	2,566
8	0,524	0,1749	1,016	900	2,794	0,9322	2,762
9	0,555	0,1850	1,018	1 000	2,821	0,9411	2,957
10	0,585	0,1950	1,020	2 000	2,935	0,9791	4,916
20	0,815	0,2719	1,039	3 000	2,966	0,9893	6,873
30	0,985	0,3284	1,059	4 000	2,979	0,9936	8,831
40	1,121	0,3742	1,078	5 000	2,985	0,9957	10,79
50	1,237	0,4128	1,098	6 000	2,989	0,9969	12,75
60	1,338	0,4463	1,118	7 000	2,991	0,9976	14,38
70	1,427	0,4759	1,137	8 000	2,992	0,9982	16,66
80	1,506	0,5025	1,157	9 000	2,993	0,9985	18,62
90	1,578	0,5265	1,176	10 000	2,994	0,9988	20,58
100	1,644	0,5483	1,196				

Примечание. 1 кэВ $= 1{,}6021 \cdot 10^{-16}$ Дж.

233. Подвижность ионов* в газах при нормальных условиях

Газ	Подвижность положительных ионов, 10^{-4} м²/(В·с)	Подвижность отрицательных ионов, 10^{-4} м²/(В·с)
Азот	1,3	1,8
Водород	5,9	8,6
Воздух	1,4	1,9
Кислород	1,3	1,8
Хлор	6,5	5,1

* Подвижность ионов — величина, равная отношению средней направленной скорости их движения под действием электрического поля, к напряженности поля.

234. Подвижность ионов* в электролитах (при t = 18 °C)

Катионы	Подвижность ионов, 10^{-8} м²/(В·с)	Анионы	Подвижность ионов, 10^{-8} м²/(В·с)
Na^+	4,5	OH^-	18
H^+	32	Cl^-	6,5
Ag^+	5,6	NO_3^-	6,4
Zn^{2+}	4,8	CO_3^{2-}	6,2
Fe^{3+}	4,6	SO_4^{2-}	6,8

* Подвижность ионов — величина, равная отношению средней направленной скорости их движения под действием электрического поля, к напряженности поля.

235. Физические свойства некоторых полупроводниковых материалов

В таблице приняты обозначения: ρ — плотность, $t_{пл}$ — температура плавления, α — температурный коэффициент линейного расширения, ε_0 — ширина запрещенной зоны, $\mu_э$ — подвижность электронов, $\mu_д$ — подвижность дырок.

Вещество	ρ, кг/м³	$t_{пл}$, °C	$\alpha\cdot10^{-6}$, °C	ε_0, эВ	$\mu_э$, м²/(В·с)	$\mu_д$, м²/(В·с)
Ge	5326	937	5,75	0,66	0,39	0,19
Si	2328	1417	2,4	1,107	0,16	0,05
Se	4800	219	47	1,79	—	0,0001
Te	6250	452	16,8	0,33	0,17	0,08
GaAs	5317	1238	6,0	1,428	0,8	0,04
GaSb	5614	712	6,9	0,78	0,4	0,065
InAs	5667	942	5,19	0,356	2,26	0,02
ZnS	4089	1830	6,2	3,6	0,014	0,0005 (700 K)
ZnSe	5260	1520	1,9	2,7	0,053	0,0028
PbS	7610	1113	26	0,41	0,06	0,06
PbTe	6450	924	19,8	0,32	0,17	0,084

Примечания. 1. К полупроводникам относят вещества, удельная электропроводность (σ) которых имеет при комнатной температуре промежуточное значение между удельной электропроводностью металлов ($\sigma \approx 10^6 - 10^4$ Ом$^{-1}$см$^{-1}$) и хороших диэлектриков ($\sigma \approx 10^{-10} - 10^{-12}$ Ом$^{-1}$см$^{-1}$).

2. Кремний играет и в ближайшем будущем будет играть основную роль в полупроводниковых устройствах. Однако в ряде ответственных физических и технических устройств кремний вытесняется арсенидом галлия (GaAs): у последнего высокая подвижность электронов, бо́льшая, чем у кремния, ширина запрещенной зоны, в 3 раза бо́льшая устойчивость к воздействию радиации и бо́льшая термическая устойчивость (верхний предел стабильной рабочей температуры составляет до 200 °C против 125 °C у кремния). КПД фотопреобразователей на GaAs достигает 20%, а на Si ≈ 15%.

236. Скорости движения заряженных частиц в электрическом поле

В таблице приведены скорости v заряженных частиц, приобретаемые ими при прохождении в электрическом поле разности потенциалов U, а также отношения этих скоростей к скорости света c. При расчетах скорость света принята равной $c=3\cdot10^{10}$ м/с.

U, В	Электрон		Протон		Дейтрон		Альфа-частица	
	v, 10^8 м/с	v/c	v, 10^8 м/с	v/c	v, 10^8 м/с	v/c	v, 10^8 м/с	v/c
1	0,00594	0,00198	0,0001386	0,0000462	0,0000978	0,0000326	0,0000984	0,0000328
10	0,01878	0,00626	0,000438	0,000146	0,000309	0,000103	0,000312	0,000104
10^2	0,0594	0,0198	0,001386	0,000462	0,000978	0,000326	0,000984	0,000328
10^3	0,1872	0,0624	0,00438	0,00146	0,00309	0,00103	0,00312	0,00104
10^4	0,585	0,195	0,01386	0,00462	0,00978	0,00326	0,00984	0,00328
10^5	1,644	0,548	0,0438	0,0146	0,0309	0,0103	0,0312	0,0104
10^6	2,824	0,941	0,1383	0,0461	0,0978	0,0326	0,0981	0,0327
10^7	2,9965	0,99882	0,435	0,145	0,309	0,103	0,309	0,103
10^8	2,999961	0,999987	1,284	0,428	0,942	0,314	0,945	0,315
10^9	2,99999961	0,99999987	2,625	0,875	2,274	0,758	2,277	0,759
10^{10}	2,999999961	0,9999999987	2,988	0,996	2,961	0,987	2,964	0,988

237. Электрохимические эквиваленты *k* некоторых веществ

Ионы	*k* мг/Кл	*k* г/(А·ч)	Ионы	*k* мг/Кл	*k* г/(А·ч)
Катионы			Pb^{2+}	1,074	3,87
Ag^{+}	1,1180	4,025	Pt^{2+}	1,010	3,96
Al^{3+}	0,0932	0,335	Pt^{4+}	0,506	1,82
Au^{+}	2,043	7,370	Sn^{2+}	0,616	2,22
Au^{3+}	0,681	2,451	Sn^{4+}	0,308	1,11
Ba^{2+}	0,712	2,56	Tl^{+}	2,118	7,63
Bi^{3+}	0,719	2,60	Tl^{3+}	0,706	2,55
Ca^{2+}	0,208	0,75	Zn^{2+}	0,339	1,22
Cd^{2+}	0,582	2,10	*Анионы*		
Co^{2+}	0,306	1,10			
Co^{3+}	0,204	0,74	Br^{-}	0,828	2,98
Cr^{3+}	0,180	0,65	CO_3^{-}	0,311	1,12
Cu^{+}	0,660	2,37	Cl^{-}	0,367	1,32
Cu^{2+}	0,329	1,69	ClO_3^{-}	0,865	3,11
Fe^{2+}	0,289	1,04	CN^{-}	0,270	0,97
Fe^{3+}	0,193	0,69	F^{-}	0,197	0,71
H^{+}	0,0104	0,0376	I^{-}	1,315	4,74
Hg^{2+}	0,039	3,74	NO_3^{-}	0,643	2,31
K^{+}	0,405	1,46	O^{2-}	0,0829	0,298
Li^{+}	0,072	0,26	OH^{-}	0,177	0,635
Mg^{2+}	0,126	0,45	S^{2-}	0,167	0,598
Mn^{2+}	0,285	1,03	SO_4^{2-}	0,499	1,79
Na^{+}	0,238	0,86			
Ni^{2+}	0,304	1,10			

238. Электрическая прочность $E_{пр}$ диэлектриков (при $t=20$ °C)

Диэлектрик	$E_{пр}$, кВ/мм	Диэлектрик	$E_{пр}$, кВ/мм
Береза сухая	3—5	Полиэтилен	35—60
Бумага конденсаторная . .	250—300	Резина электроизоляционная	15—25
Воздух	3—4	Слюда	100—300
Гетинакс	10—20	Стекло кварцевое	20—25
Дуб сухой	4—7	» обычное	10—15
Ель сухая	0,2—0,3	Текстолит	10—16
Жидкие газы	30—33	Трансформаторное масло . .	15—20
Канифоль	10—15	Фарфор	30
Капрон	15—20	Фибра	5
Касторовое масло	12—16	Фторопласт-4	20—30
Лавсан	80—120	Шеллак	20—30
Мрамор	2—4	Шифер	0,5—1,5
Органическое стекло . . .	15—25	Эбонит	15—20
Парафин	20—30	Электрокартон	22
Полистирол	25—40	Эскапон	30—35
Полихлорвинил	18—35		

239. Напряжение искрового разряда при различной длине искрового промежутка

В таблице приведены значения напряжения, соответствующие электрическому разряду между двумя одинаковыми незаземленными шарами или плоскими электродами в воздухе при давлении 101 325 Па и температуре 20 °С.

Длина искрового промежутка, см	Диаметр шаров, см			Плоские пластинки
	1,11	2,54	6,66	
	Напряжение, кВ			
0,05	2,90	...	...	...
0,1	4,95	...	...	4,5
0,2	8,70	8,32	8,09	8,0
0,3	12,0	11,6	11,3	11,3
0,4	15,0	14,8	14,4	14,4
0,5	17,9	17,9	17,5	17,4
0,6	20,6	21,0	20,5	20,3
0,7	23,3	24,0	23,5	23,2
0,8	25,6	27,0	26,4	26,1
0,9	27,7	29,8	29,4	28,9
1,0	29,5	32,5	32,4	31,7

Примечание. При напряжении в 20 кВ длина искрового промежутка между остриями составляет 15,5 мм.

240. Физические параметры молнии

Длительность (средняя) вспышки (разряда) молнии*, с	0,2
» отдельных импульсов, мкс	50—100
Диаметр (средний) канала молнии, см	16
Количество электричества, протекающего по каналу молнии (типичное значение), Кл	ок. 20
Сила тока молнии (типичное значение), А	$2\cdot10^4$
Скорость лидера молнии, км/с	100—2000
Средняя длина молнии (между облаком и Землей), км	2—3
» » » (между облаками), км	15—20 и более
Расстояние, на котором слышен гром (в среднем), км	15
Разность потенциалов при возникновении молнии, В	до $4\cdot10^9$
Число грозовых разрядов над Землей в 1 с	$\approx$100

* Молния, воспринимаемая глазом как одна вспышка, в действительности представляет собой прерывистый разряд, состоящий из отдельных разрядов-импульсов, число которых чаще всего 2—3, но может доходить и до 50.

241. Параметры электрических ламп накаливания

В таблице приведены сведения об электрических лампах накаливания общего назначения.

Типы ламп	Расчетное напряжение, В	Номинальные значения		Типы ламп	Расчетное напряжение, В	Номинальные значения	
		мощность, Вт	световой поток, лм			мощность, Вт	световой поток, лм
В125-135-15	130	15	135	Б215-225-100	220	100	1380
В220-230-15	225	15	225	Б235-245-100	240	100	1350
В215-225-25	220	25	220	Г125-135-150	130	150	2420
Б220-230-25	225	25	230	Б215-225-150	220	150	2220
В230-240-25	235	25	225	Г125-135-200	130	200	3350
Б125-135-40	130	40	520	Б215-225-200	220	200	3150
БК215-225-40	220	40	475	Г215-225-300	220	300	4850
Б235-240-40	235	40	470	Г230-240-300	235	300	4800
Б125-135-60	130	60	810	Г215-225-500	220	500	8400
БК125-135-60	130	60	890	Г215-225-750	220	750	13 100
Б215-225-60	220	60	800	Г215-225-1000	220	1000	18 800
Б215-225-75	220	75	960	БК220-230-36	225	36	415
Б125-135-100	130	100	1540	БК220-230-93	225	93	1350
БК125-135-100	130	100	1675	БК220-230-150	225	150	2380
БК215-225-100	220	100	1500				

Примечание. В условном обозначении типов ламп накаливания буквы и цифры обозначают: В — вакуумная, Г — газополная моноспиральная (аргоновая), Б — биспиральная аргоновая, БК — биспиральная криптоновая; идущие после букв два трехзначных числа — диапазон напряжений в вольтах, а последнее число — номинальная мощность лампы в ваттах.

242. Энергетический баланс ламп накаливания мощностью 100 Вт, %

	Тип лампы			
	Вакуумная с прямой нитью	Со спиральной нитью и газовым наполнением	Биспиральная с газовым наполнением	Биспиральная с криптоно-ксеноновой смесью
Невидимые излучения	91	68	74	76
Потери энергии, связанные с теплопроводностью держателя	2	3	2	2
Потери энергии, связанные с конвекцией газа-наполнителя	—	19	12	9
Излучение в видимой части спектра	7	10	12	13

Примечание. Глаз человека наиболее чувствителен к желто-зеленому и мало чувствителен к фиолетовому и красному участкам спектра Поэтому если энергетический КПД лампы накаливания составляет 7—13%, то фактический (световой) КПД этой лампы составляет 1,5—4,0%. Это значит, что только 1,5—4,0% потребляемой лампой энергии воспринимается нашим глазом.

243. Параметры люминесцентных ламп общего назначения

Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В	Сила тока, А	Световой поток, лм				
			ЛБ	ЛТБ	ЛХБ	ЛД	ЛДЦ
15	54	0,33	820	820	8000	700	600
20	57	0,37	1200	1100	1020	1000	850
30	104	0,36	2180	2020	1940	1800	1500
40	103	0,43	3200	3100	3000	2500	2200
65	110	0,67	4800	4650	4400	4000	3160
80	102	0,86	5400	5200	5040	4300	3800

Примечание. Буквы обозначают: первая (Л) — люминесцентная, последующие характеризуют цвет излучения лампы (ТБ — тепло-белая, Б — белая, ХБ — холодно-белая, Д — дневная, Ц — повышенное качество цветопередачи).

244. Энергетический баланс люминесцентной лампы мощностью 40 Вт, %

Невидимые глазом излучения 26,5
Потери энергии конвекцией и теплопроводностью 53,0
Излучение в видимой части спектра 20,5

В люминесцентных лампах 18—21% подводимой мощности превращается в поток излучения, лежащий в видимой части спектра. Таким образом, энергетический КПД люминесцентной лампы в 1,5—2 раза больше энергетического КПД электрической лампы накаливания. Световой КПД люминесцентной лампы составляет 4—7%.

245. Магнитная проницаемость μ некоторых пара- и диамагнитных веществ (при $t = 20$ °С)

Парамагнитное вещество	μ	Диамагнитное вещество	μ
Алюминий	1,000023	Анилин	0,9999906
Ванадий	1,000343	Ацетон	0,9999942
Воздух	1,00000038	Бензол	0,9999925
Вольфрам	1,000176	Висмут	0,999824
Калий	1,0000060	Вода	0,999991
Кальций	1,0000210	Водород	0,999999937
Кислород	1,0000019	Глицерин	0,9999902
Кислород жидкий (при $t = -183$ °С)	1,003460	Золото	0,999961
Литий	1,0000233	Каменная соль	0,9999874
Магний	1,0000174	Кварц	0,9999849
Марганец	1,00100	Медь	0,9999897
Натрий	1,0000085	Нафталин	0,9999896
Оксид железа (III) . . .	1,0020960	Оксид алюминия (III)	0,999986
Олово	1,0000022	Оксид углерода (IV) . .	0,999999988
Перманганат калия . . .	1,0000051	Свинец	0,9999841
Платина	1,000250	Серебро	0,999981
Титан	1,000180	Стекло	0,9999874
Цезий	1,0000053	Сера	0,999987
Хром	1,00033	Спирт метиловый . . .	0,9999930
Эбонит	1,000014	» этиловый	0,9999927
		Хлорид кальция	0,999988
		Цинк	0,999988

246. Максимальная магнитная проницаемость μ_{max} ферромагнитных материалов

Ферромагнетик	μ_{max}
Кобальт	175
Никель	1 120
Первинмар (кобальта 23%, никеля 43%, остальное — железо)	115 000
Сплав железоникелевый (пермаллой-45: никеля 45%, железа 55%)	25 000
Сплав железоникелевый (пермаллой-68: никеля 68%, железа 32%)	250 000
Сталь вольфрамовая (углерода 1%, вольфрама 5%, остальное — железо)	600
Сталь трансформаторная	8 000
Чугун	600—800

247. Магнитные свойства магнитно-твердых материалов

В таблице приведены основные данные о магнитных свойствах некоторых магнитно-твердых материалов. Эти материалы намагничиваются в сравнительно сильных магнитных полях и обладают большими значениями коэрцитивной силы H_c, большой остаточной магнитной индукцией B_r, большими значениями плотности энергии магнитного поля $w = B_r H_c$ и сравнительно малыми значениями магнитной проницаемости μ.

Ферромагнетик	H_c, А/м (Э)	B_r, Т (Гс)	w*, Дж/м^3
Альни-3 (ЮНД4)	40 000 (500)	0,5 (5000)	7 200
Альнико-15 (ЮНДК15)	48 000 (600)	0,75 (7500)	12 000
Альнико-18 (ЮНДК18)	52 000 (650)	0,90 (9000)	19 400
Магнико (ЮНДК24)	40 000 (500)	1,23 (12 300)	32 250
Стали для постоянных магнитов	4600—13 600 (58—170)	0,8—1,0 (8000—10 000)	2000—8000
Ферриты бария	112—270 (1,4—3,4)	0,18—0,42 (1800—4200)	2 800—14 000
» кобальта	127—160 (1,6—2,0)	0,24—0,32 (2400—3200)	7000—8750

Примечание. Химический состав некоторых из названных в таблице материалов см. в табл. 357.

* Максимальная плотность энергии магнитного поля.

248. Магнитные свойства магнитно-мягких материалов

В таблице приведены данные о магнитных свойствах некоторых магнитно-мягких материалов. Такие материалы намагничиваются в относительно слабых магнитных полях и обладают высокими значениями начальной $\mu_н$ и максимальной μ_{max} магнитных проницаемостей, малым значением коэрцитивной силы H_c. Значения B_{max} — максимальной магнитной индукции — соответствуют намагниченности насыщения ферромагнетиков.

Ферромагнетик	B_{max}, $T_л$ (Гс)	$\mu_н$	μ_{max}	H_c, А/м (Э)
Альсифер	1,1 (11 000)	20 000	117 000	1,8 (0,02)
Железо:				
технически чистое (содержит менее 0,1% C и минимальное количество примесей) . .	2,16 (21 600)	250	7 000	64 (0,8)
электролитическое	2,16 (21 600)	600	15 000	28 (0,35)
чистейшее (получено при длительном отжиге в водороде) .			680 000	0,80 (0,01)
Пермаллои высоконикелевые . .	0,70—0,75 (7000—7500)	14 000—50 000	60 000—300 000	0,8—4,8 (0,01—0,06)
Пермаллои низконикелевые . .	0,95—1,50 (9500—15 000)	400—3200	12 000—100 000	8,0—36,0 (0,10—0,45)
Пермендюр ванадиевый . . .	2,4 (24 000)	800	4500	80,0 (1,0)
Супермаллой . .	0,79 (7900)	100 000	1 000 000	0,18 (0,002)
Ферриты никельцинковые и марганец-цинковые	0,18—0,40 (1800—4000)	100—6000	3000—10 000	8—120 (0,1—1,5)
Электротехническая сталь (0,5—5,0% кремния, 0,02% углерода, остальное — железо)	2 (20 000)	200—600	3000—8000	9,6—64,0 (0,12—0,80)

Примечание. Химический состав некоторых из названных в таблице материалов см. в табл. 357.

249. Температура Кюри* для ферромагнитных веществ

Вещество	Температура Кюри, °C
Гадолиний	16
Железо	768
« кремнистое (4,3% кремния)	690
Инвар	277
Карбид железа	212

* Температурой (точкой) Кюри называется температура, выше которой ферромагнитные материалы превращаются в парамагнитные, т. е. их магнитная проницаемость резко падает до значения, близкого к единице. Явление исчезновения ферромагнитного состояния при нагревании тел было впервые исследовано П. Кюри в 1895 г.

Вещество	Температура Кюри, °C
Кобальт	1131
Никель	358
Пермендюр (49% железа, 49% кобальта, 2% ванадия)	980
Сплавы железоникелевые:	
22% железа + 78% никеля	580
50% железа + 50% никеля	420
70% железа + 30% никеля	ок. 70
Тербий	—53
Сплавы:	
85,9% никеля + 14,1% меди	229
70,3% никеля + 29,7% меди	67
50% кобальта + 50% железа	980

250. Мощность бытовых электроустройств, Вт

Электронагревательные приборы

Электроплитки:	
однокомфорочные ...	800, 1000, 1200, 1500
двухкомфорочные ...	1600, 2000, 2200
Электрокамины:	
«Эра», «Луч», «Кварц-2», «Огонек-3», ЭК-2 ...	1000
«Уют», «Уголек», «Огонек-4»	1250
Электрорадиаторы:	
«Термо-1», ЭРМТ-0,5/220	500
«Электротерм-2» ...	1000
«Электротерм-3», «Термо-3»	1250
Электрокипятильники	300, 500, 700, 1000, 1250
Электрочайники ...	750, 1000, 1250
Электросамовар ЭС-3/1 ...	1000
Электроутюги:	
УТМ 250-0,8 ...	250
УТ 400-0,8 ...	400
УТ 750-1,2, УТП 750-2 ...	750
УТ 1000-1,2, УТ 1000-2,5, УТП 1000-2, УТПР-2 ...	1000
Электроприборы для выжигания по дереву:	
«Огонек», «Умелец», «Дымок», «Малыш-1» ...	20
Электропаяльники ЭНЭТИ-П ...	25, 40, 50, 65, 100

Бытовые машины с электроприводом

Стиральные машины:	
«Таврия-2», «Вятка-3»	180
«Исеть», «Волжанка-М»	300
«Рига-13», «Кама-8М»	370
«Золушка-3», «Аурика-78»	500
«Эврика-3М», «Снежинка»	650
«Эврика-автомат»	2000
«Вятка-автомат»	2200
Электрохолодильники:	
«Морозко-3М»	75
«Бирюса-21»	135
«Ока-3М»	140
«Зил-Москва», «Смоленск-6»	150
«Минск-12Е»	155
«Ока-7»	160
«Саратов»	165
Электропылесосы:	
«Шмель»	140
«Спутник»	280

«Чайка-8», «Ракета-7М»	400
«Вихрь-6М», «Буран-5М», «Тайфун», «Чайка-10», «Ракета-77»	600
Электрополотеры:	
ЭП-2	350
«Блеск»	400
ЭП-3, ЭПО-2	450
Электрофены:	
«Аэлита-1»	250
«Сюрприз»	300
«Аэлита-2»	330
Рукосушитель ЭРА	
вентилятор	50
нагреватель	1000
Электровентиляторы:	
ВН-10, ВЭ-1	35
«Эфир», «Орбита-3»	45
«Апшерон», «Пингвин»	55
Электросоковыжималки:	
«Журавинка»	300
«Сок»	350
СВ-2	370
Радиолы:	
«Вега 323-стерео», «Илга 301»	40
«Мелодия 104-стерео»	50
«Эстония 009-стерео»	130
Электропроигрыватели:	
«Корвет 003»	8
«Радиотехника 001-стерео», «Электроника Б1-04-стерео»	20
Электронасосы бытовые:	
«Родничок», НЭБ-1/20	220
«Кама»	330
«Дон»	500
Электродрели:	
«Альбина-М» (БЭС-1)	250
«Альбина-М» (Б1ОП, ИЭ-1092)	420
Электробритвы:	
«Микма-100»	9
«Киев-5»	10
«Уфа-12», «Агидель-12»	12
Электромашинки для стрижки волос Б-55/1, Б-55/2, ИП-5	20

Прочие бытовые электрические устройства

Телевизоры:	
«Электроника-433Д»	45
«Юность Ц-440»	60
«Шилялис-445Д», «Витязь Ц-381», «Горизонт Ц-342», «Рубин Ц-290», «Электрон Ц-390», «Фотон Ц-381»	75
«Темп Ц-275Д», «Рубин Ц-281», «Рекорд Ц-280», «Садко Ц-280Д»	80
«Рубин Ц-381 ДИ»	90
«Электрон 282Д», «Рубин Ц-266»	100
«Рубин Ц-230», «Рубин Ц-202»	185
«Радуга-734», «Темп-738», «Рубин-714Д», «Таурас-236Д»	250
Магнитофоны:	
«Соната 211», «Ритм 202»	10
«Электроника 211-стерео»	40
«Комета 212-стерео»	50
«Астра 209-стерео»	70
«Орбита 205-стерео»	100
«Маяк 001-стерео»	160
«Комета 120-стерео»	170
Микрокалькуляторы и компьютеры	
«Электроника МК53»	$6\cdot10^{-5}$
«Электроника МК56»	3
«Электроника БК-0010»	20
«Агат»	60

251. План ГОЭЛРО

Сроки, на которые был рассчитан план ГОЭЛРО, лет . . . . 10—15
Число районных электростанций, которые намечалось построить по плану ГОЭЛРО 30
из них:
тепловых 20
гидравлических 10
Мощность тепловых электростанций, намеченных к сооружению по плану ГОЭЛРО, ГВт (или млн. кВт) 1,1

Мощность гидроэлектростанций, намеченных к сооружению по плану ГОЭЛРО, ГВт (или млн. кВт) 0,64
Уровень производства электроэнергии в стране, который намечалось достигнуть по плану ГОЭЛРО, ТВт·ч (или млрд. кВт·ч) 8,8
Год разработки плана ГОЭЛРО 1920
Уровень производства электроэнергии в стране в 1920 г., ТВт·ч (или млрд. кВт·ч) 0,5
Уровень производства электроэнергии в стране, достигнутый в 1931 г., ТВт·ч (или млрд. кВт·ч) 10,7
Число электростанций, построенных к 1935 г.— конечному сроку выполнения плана ГОЭЛРО 40
Уровень производства электроэнергии в стране, достигнутый в 1935 г., ТВт·ч (или млрд. кВт·ч) 26,3
Общая мощность всех электростанций страны, ГВт (или млн. кВт):
в 1921 г. 1,23
в 1931 г. 3,97
в 1935 г. 6,92

252. Удельный расход электрической энергии на производство некоторых видов продукции

Продукция и единица измерения	Расход электроэнергии на единицу выпускаемой продукции, кВт·ч	Продукция и единица измерения	Расход электроэнергии на единицу выпускаемой продукции, кВт·ч
Алюминий при электролизе, т	18 000—22 000	Велосипед, шт	25
Рафинировка меди, т	300—400	Бумага писчая, т	500—675
Медь электролитическая, т	2500—3000	Бумага газетная, т	375
Магний электролитический, т	21 500—24 000	Оконное стекло, т	75
Цинк электролитический, т	3500—4200	Обувь, тыс. пар	750
Никель электролитический, т	4000	Обувь резиновая, тыс. пар	400
Чугун, т	30—50	Суперфосфат, т	8—14
Электросталь, т	350—700	Сода, т	60—70
Автомобиль, шт	1000—1500	Этиловый спирт, т	200—375
Трактор, шт	2500—5500	Соляная кислота, т	10—40
Комбайн, зерноуборочный, шт	800—2200	Серная кислота, т	90—120
Тепловоз, шт	35 000	Пластмасса, т	100—250
		Сахар-рафинад, т	140—200
		Колбасные изделия, т	66—84
		Масло животное, т	103
		Сыр плавленый, т	36

253. Мощность электростанций СССР

Год	Мощность, ГВт	Год	Мощность, ГВт	Год	Мощность, ГВт
1913	1,14	1940	11,19	1980	226,8
1916	1,19	1945	11,12	1985	314,7
1921	1,23	1946	12,34	1986	322
1928	1,90	1950	19,61	1987	332
1932	4,68	1960	66,72	1988	339
1937	8,24	1970	166,15		

254. Мощность электростанций СССР различного типа

Год	Всего, ГВт	В том числе на					
		ТЭС		ГЭС		АЭС	
		ГВт	%	ГВт	%	ГВт	%
1940	11,2	9,6	85,8	1,6	14,2	—	—
1950	19,6	16,4	83,5	3,2	16,4	—	—
1960	66,7	51,9	77,8	14,8	22,2	—	—
1970	166,2	133,8	80,5	31,4	18,9	0,95	0,6
1980	266,8	201,9	75,7	52,3	19,6	12,5	4,7
1985	314,7	225,0	71,5	61,6	19,6	28,1	8,9
1986	322	229,8	71,4	62,1	19,3	30,1	9,3
1987	332	235,6	70,7	62,7	18,9	34,4	10,4
1988	339	239,8	70,7	63,8	18,8	35,4	10,5

255. Производство электроэнергии в СССР

Год	Производство электроэнергии, ТВт·ч	Год	Производство электроэнергии, ТВт·ч	Год	Производство электроэнергии, ТВт·ч
1913	2,04	1940	48,6	1980	1293,88
1916	2,58	1945	43,26	1985	1544,24
1921	0,52	1946	48,57	1987	1655
1932	13,54	1950	91,23	1988	1705
1937	36,17	1970	740,93	1989	1722

256. Производство электроэнергии в союзных республиках

Союзные республики	Производство электроэнергии, ТВт·ч (млрд·кВт·ч)								
	1913 г.	1940 г.	1950 г.	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
РСФСР	1,3	30,8	63,4	470	805	962	1001	1047	1066
Украинская ССР . .	0,5	12,4	14,6	138	236	272	273	282	297
Белорусская ССР .	0,003	0,5	0,7	15,1	34,1	33,2	36,3	37,8	38,2
Узбекская ССР . .	0,0033	0,5	2,7	18,3	33,9	47,9	52,2	54,8	50,6
Казахская ССР . .	0,0013	0,6	2,6	34,7	61,5	81,3	85,1	88,5	88,4
Грузинская ССР . .	0,02	0,7	1,4	9,0	14,7	14,4	14,6	14,5	14,6
Азербайджанская ССР	0,11	1,8	2,9	12,0	15,0	20,7	21,5	22,9	23,6
Литовская ССР . .	0,0057	0,08	0,2	7,4	11,7	21,0	22,4	22,8	26,0
Молдавская ССР .	0,0009	0,02	0,1	7,6	15,6	16,8	17,7	17,4	17,0
Латвийская ССР . .	0,015	0,25	0,5	2,7	4,7	5,0	5,2	5,9	5,1
Киргизская ССР . .		0,05	0,2	3,5	9,2	10,5	11,4	9,3	14,2
Таджикская ССР .		0,06	0,2	3,2	13,6	15,7	13,6	15,9	18,8
Армянская ССР . .	0,005	0,4	0,9	6,1	13,5	14,9	14,5	15,2	15,3
Туркменская ССР .	0,0025	0,08	0,2	1,8	6,7	11,0	12,4	13,3	12,9
Эстонская ССР . .	0,0055	0,2	0,4	11,6	18,9	17,8	18,0	17,9	17,6
СССР в целом	1,97	48,6	91	741	1294	1544	1599	1665	1705

257. Производство электроэнергии в СССР на электростанциях различного типа

Год	Всего ТВт·ч	В том числе на					
		ТЭС		ГЭС		АЭС	
		ТВт·ч	%	ТВт·ч	%	ТВт·ч	%
1940	48,6	43,4	89,3	5,4	10,7	—	—
1950	91,2	78,5	86,1	12,7	13,9	—	—
1960	292,3	241,4	82,6	50,9	17,4	—	—
1970	740,9	613,0	82,7	124,4	16,8	3,5	0,5
1980	1293,9	1037,1	80,2	183,9	14,2	72,9	5,6
1985	1544,2	1163,8	75,3	213,4	13,9	167,0	10,8
1986	1599	1222	76,4	216	13,5	161	10,1
1987	1665	1258	75,6	220	13,2	187	11,2
1988	1705	1258	73,8	231	13,6	216	12,6

258. Производство электроэнергии в отдельных странах

В первой графе (I) таблицы приведены данные об общем производстве в 1988 г. электроэнергии в отдельных странах (в ТВт·ч), а во второй графе (II) — данные о ее производстве на душу населения страны (в кВт·ч).

Страна	I	II	Страна	I	II
Болгария	45	5025	СССР	1705	5967
Великобритания	308	5274	США	2918	11 868
Венгрия	29	2752	Франция	392	6805
ГДР	118	7100	ФРГ	421	6986
Италия	202	3514	Чехословакия	87	5602
Китай	543	495	Югославия	83	3544
Польша	144	3802	Япония	740	6097
Румыния	75	3258			

Примечание. В 1987 г. во всем мире было произведено 10 400 ТВт·ч электроэнергии.

259. Производство электроэнергии на атомных электростанциях в отдельных странах в 1988 г.

В первой графе (I) таблицы указано производство электроэнергии на АЭС (в ТВт·ч), а во второй графе (II) указана доля (в %) этого производства в общей выработке электроэнергии.

Страна	I	II	Страна	I	II
Великобритания	69	22	Франция	275	70
СССР	216	12,6	ФРГ	145	35
США	554	19	Япония	175	24

Примечания. В 1988 г. выработанная на АЭС мира электроэнергия (1794 ТВт·ч) составила 16% от общего ее производства.

2. По состоянию на 1.1.1989 г. суммарная электрическая мощность 429 атомных энергетических блоков, действующих в мире, достигла 310,8 ГВт.

260. Доля СССР в мировом производстве электроэнергии

	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1987 г
Мировое производство электроэнергии, ТВт·ч	5031	8307	9643	10 400
Производство электроэнергии в СССР, ТВт·ч	740,9	1293,9	1544,2	1665,0
Доля СССР в производстве электроэнергии, %	14,7	15,6	16,0	16,0

261. Развитие теплофикации в стране

Показатели	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1987 г.
Установленная электрическая мощность теплофикационных агрегатов, ГВт	36,9	63,5	75,8	80,0
Производство электроэнергии теплофикационными агрегатами, ТВт·ч	196,5	319,9	385,4	430,0
Количество теплоты, отпущенное теплоцентралями, ПДж (Пкал)	2123,5 (507,2)	3680,6 (879,1)	4426,3 (1057,2)	5500,0 (1313,0)
Протяженность магистральных тепловых сетей, тыс. км	12,2	18,6	21,4	21,5

Примечания. 1. По масштабам развития теплофикации и по протяженности теплофикационных сетей СССР занимает первое место в мире.

2. Данные в таблице приведены по электроцентралям Министерства энергетики и электрификации СССР.

262. Электробаланс народного хозяйства, ТВт·ч. (млрд. кВт·ч)

Год	Произведено электроэнергии	Потреблено электроэнергии					Экспорт
		промышленностью	сельским хозяйством	транспортом	другими отраслями	потери в сети	
1913	2,0	1,53	0,001	0,02	0,38	0,07	—
1928	5,0	3,4	0,035	0,3	0,9	0,4	—
1932	13,5	9,4	...	0,8	2,3	1,0	—
1940	48,6	34,8	0,5	2,6	7,2	3,5	—
1945	43,3	31,0	0,4	1,8	6,9	3,6	—
1950	91,2	65,2	1,5	3,7	14,5	6,3	—
1960	292,3	207,5	10,0	17,6	39,4	17,8	0,03
1970	740,9	488,4	38,6	54,4	96,0	58,3	5,2
1980	1293,9	772,9	110,9	102,8	181,3	106,9	19,1
1985	1544,1	893,5	145,7	120,1	222,2	133,7	28,9
1986	1598,9	922,3	152,1	128,0	230,2	137,3	29,0
1987	1664,9	957,1	160,4	131,3	239,5	142,0	34,6
1988	1705,1	980,7	166,8	132,8	245,9	139,9	39,0

263. Длина высоковольтных воздушных электросетей

В таблице указана протяженность линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше.

	1913 г.	1940 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Протяженность электросетей, тыс. км	0,1	20,2	31,4	124,4	445,5	768,5	908,6	939,4	969,5	1000,4
Из них напряжением, кВ:										
35	0,1	8,0	11,9	36,7	175,7	303,7	345,0	353,4	361,8	369,5
110	—	10,6	16,5	64,6	185,8	309,1	368,9	381,8	395,2	409,4
154	—	0,5	0,5	2,0	5,8	9,7	11,0	11,3	11,5	11,8
220	—	1,1	2,5	15,6	50,2	92,8	115,0	119,1	124,5	128,7
330	—	—	—	1,1	14,2	24,3	28,4	28,9	29,8	31,0
400—500	—	—	—	4,4	13,2	25,5	34,7	37,2	38,6	40,8
750	—	—	—	—	0,1	2,9	4,2	6,0	6,4	6,8
800	—	—	—	—	0,5	0,5	1,4	1,7	1,7	2,4

Примечание. В стране создана и развивается Единая электроэнергетическая система (ЕЭЭС СССР). В ней работает в едином режиме свыше 700 крупных электрических станций. Суммарная же мощность электростанций, включенных в ЕЭЭС СССР, достигла к началу 1988 г. 280 млн. кВт, что составило более 84% мощности всех имевшихся тогда электростанций. Сейчас из 11 действующих в стране Объединенных электроэнергетических систем (ОЭЭС) в ЕЭЭС входит 9, а 2 ОЭСС — Средней Азии и Востока — работают пока изолированно от ЕЭЭС. Высоковольтные линии электропередачи ЕЭЭС СССР охватывают территорию примерно в 10 млн. км² с населением более 220 млн. человек. Управление ЕЭЭС осуществляется из единого центра.

264. Энергоресурсы, используемые в СССР для производства электроэнергии

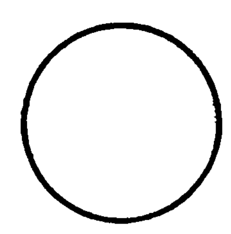
Год	Доля (в %) производства электроэнергии на энергоресурсах					
	Уголь	Мазут	Газ	Гидроэнергия	Ядерное топливо	Прочие
1960	57,3	4,5	10,7	21,1	—	6,4
1970	41,3	17,8	19,3	18,1	0,5	3,0
1980	35,0	27,0	16,5	14,2	5,6	1,7
1985	24,8	19,6	30,3	15,0	9,0	1,3

265. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой в стране электростанциями различного типа

Типы электростанций	Себестоимость, коп/кВт·ч		
	минимальная	максимальная	средняя
Гидроэлектростанции	0,07	0,46	0,15
Тепловые и атомные конденсационные электростанции	0,50	1,77	0,8
Теплоэлектроцентрали	0,40	0,85	0,6

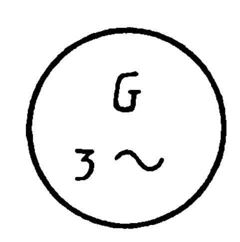
266. Условные графические обозначения в электрорадиосхемах

Электрическая машина (общее обозначение)

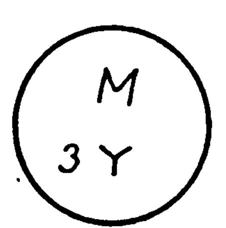


Примечание. Внутри окружности допускается указывать род машины, род тока, число фаз, вид соединения обмоток

Генератор трехфазный



Двигатель трехфазный с соединением обмоток статора в звезду



Источники тока

Элемент гальванический или аккумуляторный

− +

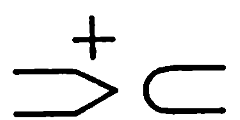
или

Батарея элементов

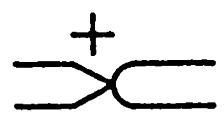
Примечание. Батарею можно обозначать как один элемент, но указывать напряжение батареи

48V

Термопреобразователь бесконтактный

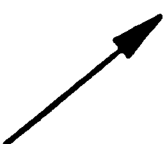


Термопреобразователь контактный

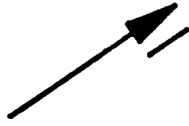


Обозначение регулирования

Регулирование линейное



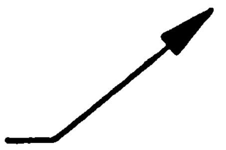
Регулирование плавное



Регулирование ступенчатое



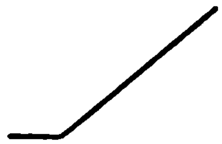
Регулирование нелинейное



Регулирование подстрочное

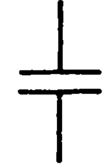


Саморегулирование нелинейное

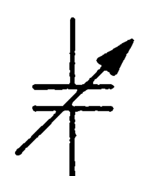


Конденсаторы и резисторы

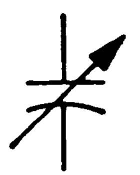
Конденсатор постоянной емкости



Конденсатор переменной емкости



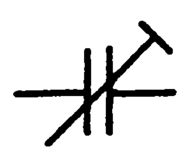
То же с подвижной обкладкой (ротором)



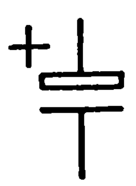
Конденсатор проходной



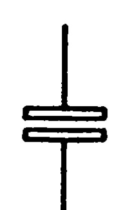
Конденсатор подстроечный



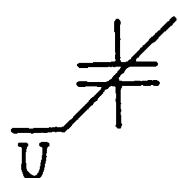
Конденсатор электролитический поляризованный



Конденсатор электролитический неполяризованный



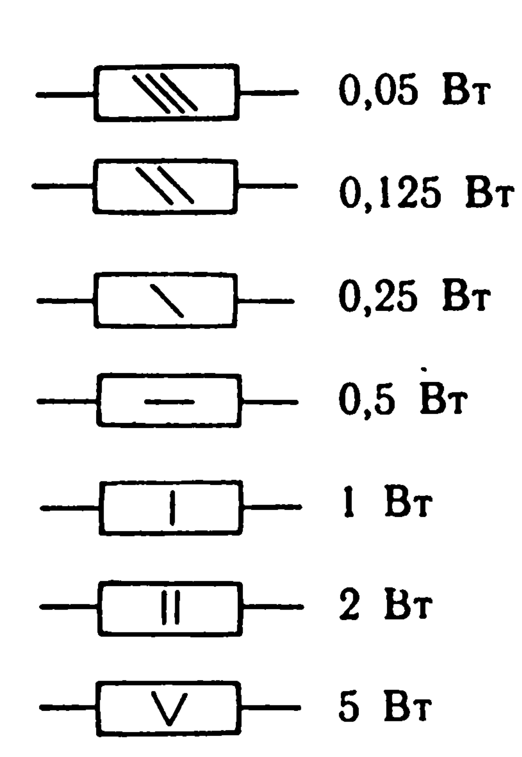
Вариконд



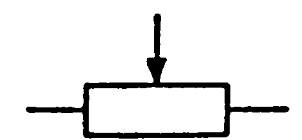
Резистор постоянный



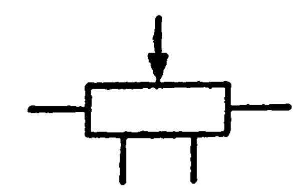
То же с мощностью рассеяния:



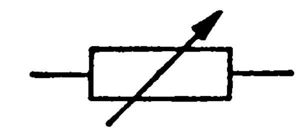
Резистор переменный



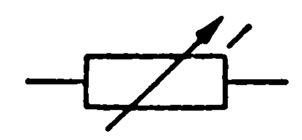
То же с двумя отводами



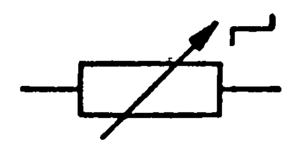
Резистор переменный при реостатном включении



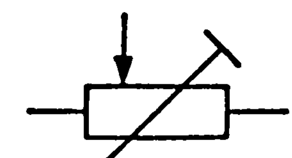
То же с плавным регулированием



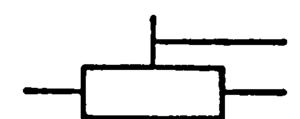
Резистор переменный со ступенчатым регулированием



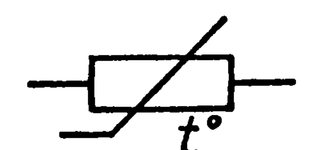
Резистор переменный с подстройкой



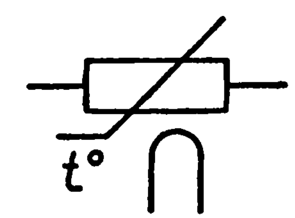
Резистор подстроечный



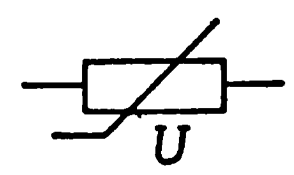
Терморезистор прямого подогрева



Терморезистор косвенного подогрева

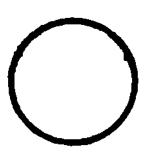


Варистор

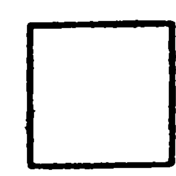


Электроизмерительные приборы

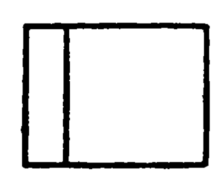
Показывающий



Регистрирующий



Интегрирующий



Примечание. В графическое обозначение прибора вписываются буквы: A — амперметр, V — вольтметр, W — ваттметр, μA — микроамперметр, mA — миллиамперметр, Ω — омметр, MΩ — мегаомметр, Hz — частотомер, cos φ — фазометр для измерения коэффициента мощности, Wh — счетчик ватт-часов, n — тахометр и др.

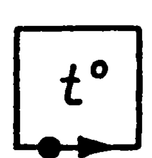
Гальванометр



Осциллограф

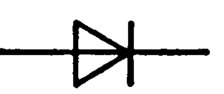


Датчик температуры

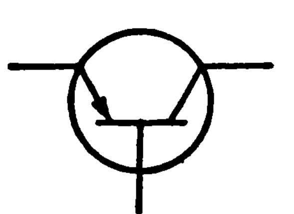


Полупроводниковые приборы

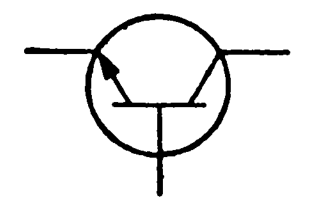
Диод



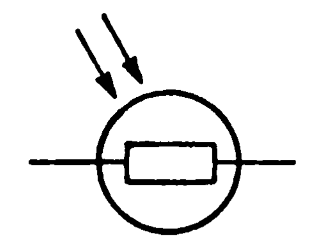
Транзистор типа *p—n—p*



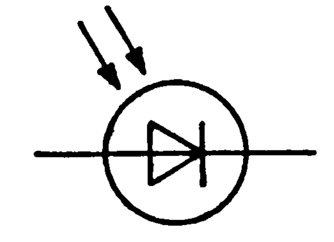
Транзистор типа *n—p—n*



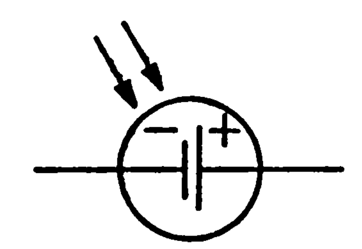
Фоторезистор



Фотодиод

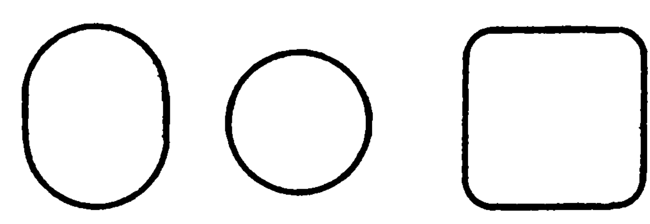


Фотоэлемент солнечный



Электровакуумные приборы

Баллон прибора

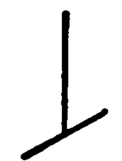


Примечание. Точка внутри баллона обозначает наличие в баллоне газового наполнения

Анод электронной лампы и ионного прибора



Анод рентгеновской трубки



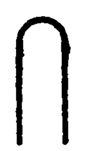
Катод (общее обозначение)



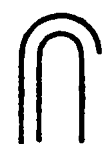
Термокатод косвенного накала



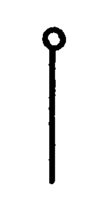
Катод прямого накала или подогреватель катода косвенного накала



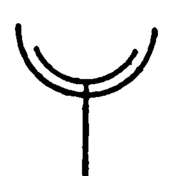
Катод косвенного накала с подогревателем



Катод холодный

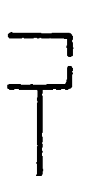


Фотокатод

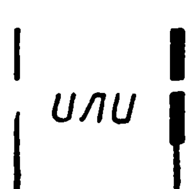


Сетка прибора ————

Управляющий электрод

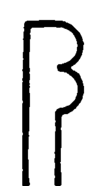


Фокусирующий электрод с диафрагмой

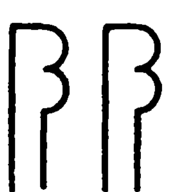


Катушка электромагнитного отклонения электронно-лучевых приборов:

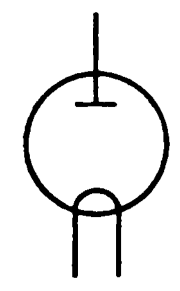
в одном направлении



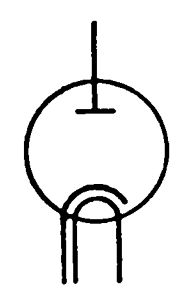
в двух взаимно перпендикулярных направлениях



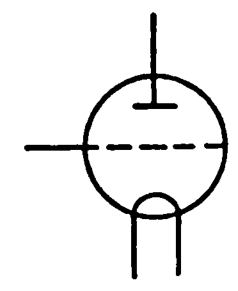
Диод прямого накала



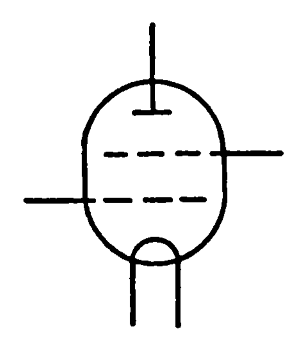
Диод косвенного накала



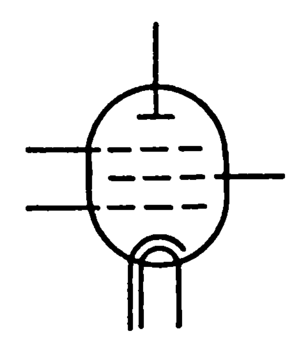
Триод с катодом прямого накала



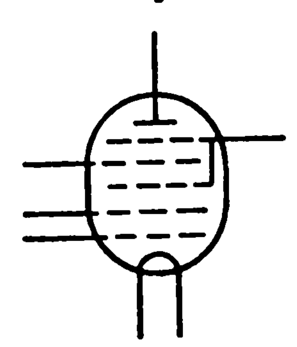
Тетрод с катодом прямого накала



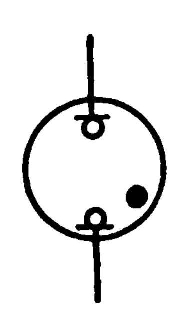
Пентод с катодом косвенного накала



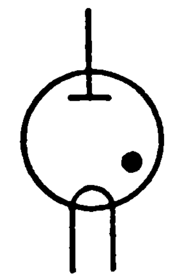
Гептод с катодом прямого накала



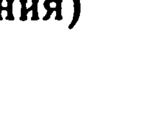
Лампа тлеющего разряда (неоновая)

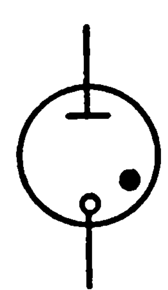


Газотрон с одним анодом

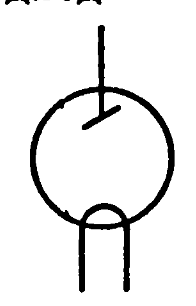


Стабилитрон (стабилизатор напряжения)

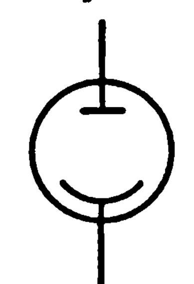




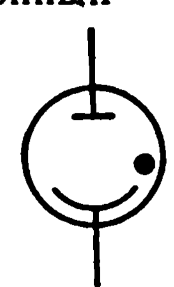
Рентгеновский диод



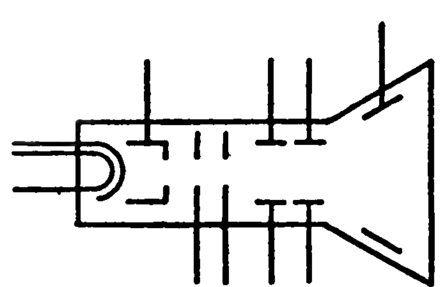
Фотоэлемент электронный



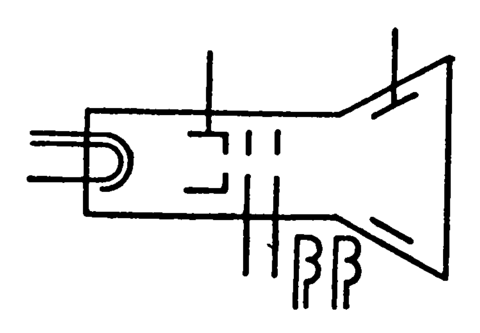
Фотоэлемент ионный



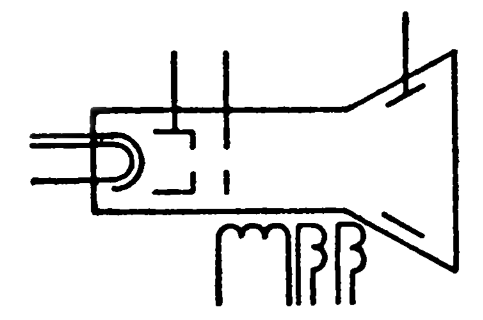
Трубка электронно-лучевая треханоднная с электростатической фокусировкой и электростатическим отклонением



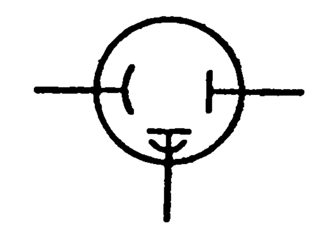
Кинескоп с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением в двух взаимно перпендикулярных направлениях



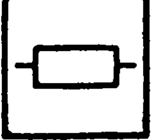
Трубка электронно-лучевая с электромагнитной фокусировкой и электромагнитным отклонением в двух взаимно перпендикулярных направлениях

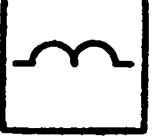


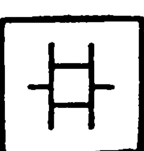
Фотоэлектронный умножитель с одним анодом вторичной эмиссии



Электронагреватели:

сопротивления 

индукционный 

диэлектрический 

Катушки индуктивности, трансформаторы

Катушка индуктивности, дроссель без магнитопровода

Магнитопровод:

ферромагнитный

магнитодиэлектрический



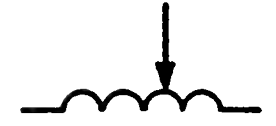
Катушка индуктивности с магнитодиэлектрическим магнитопроводом



Дроссель с ферромагнитным магнитопроводом

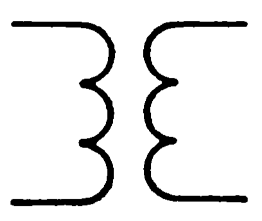


Катушка индуктивности со скользящим контактом

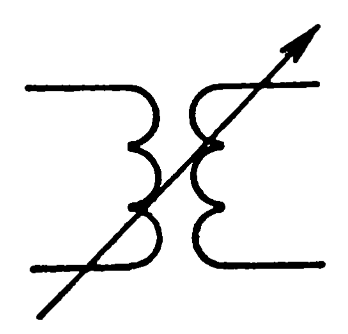


Трансформатор без магнитопровода:

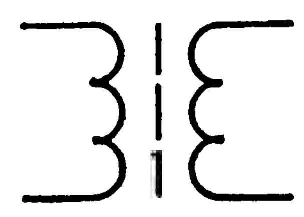
с постоянной связью



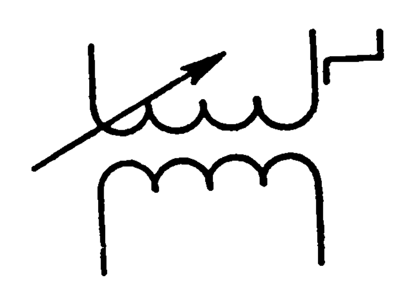
с переменной связью



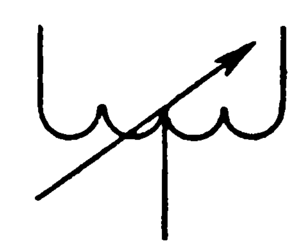
Трансформатор с магнитодиэлектрическим магнитопроводом



Трансформатор со ступенчатым регулированием



Автотрансформатор однофазный с регулированием напряжения



Источники света

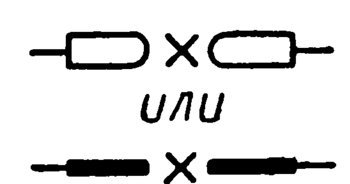
Лампа накаливания осветительная



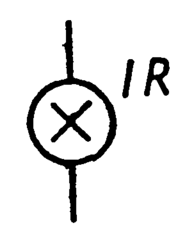
Лампа газоразрядная осветительная



Лампа дуговая

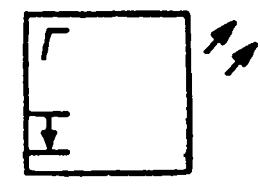


Лампа накаливания невидимого излучения (инфракрасного)

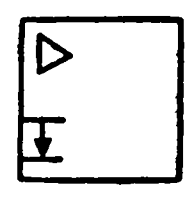


Квантовые приборы

Лазер (оптический квантовый генератор)

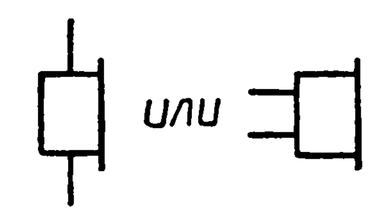


Мазер (квантовый усилитель СВЧ)

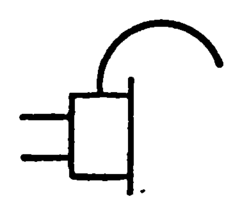


Акустические приборы

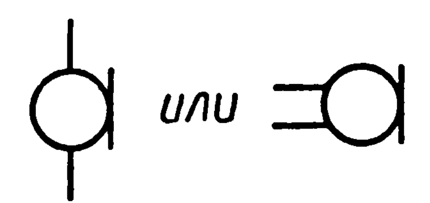
Телефон



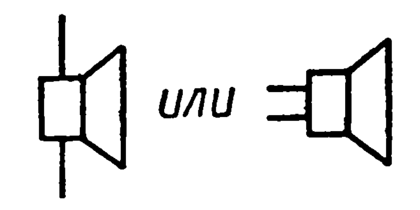
Телефон головной



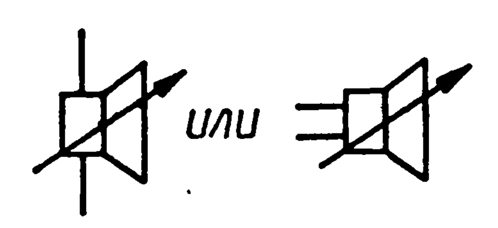
Микрофон



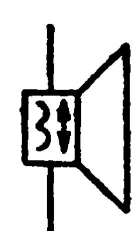
Громкоговоритель (репродуктор)



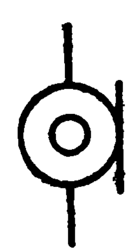
То же с регулировкой громкости



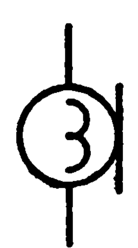
Громкоговоритель магнитострикционный



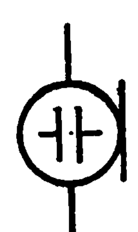
Микрофон угольный



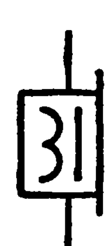
Микрофон электродинамический



Микрофон электростатический (конденсаторный)



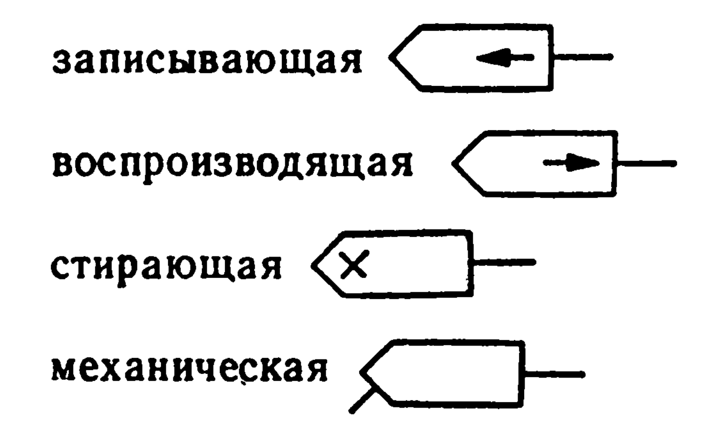
Телефон электромагнитный



Ларингофон и остеофон пьезоэлектрические



Головка акустическая:



магнитная

механическая воспроизводящая стереофоническая

Звонок электрический (переменного тока)

Звонок одноударный

Зуммер

Линии электрической связи, контактные соединения

Линия связи, провод

Линия экранирования

Экранирование группы элементов

Выключатель, контакт замыкающий

Контакт размыкающий *или*

Контакт разборного соединения

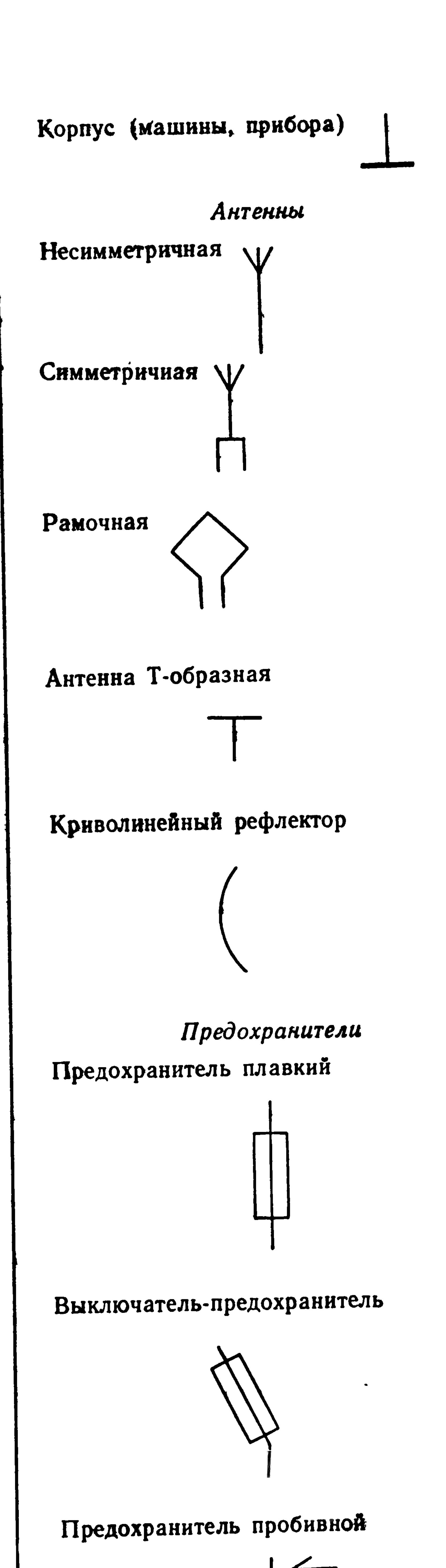
Контакт неразборного соединения

Штепсельный разъем

Штырь (штепсель, вилка)

Гнездо (розетка)

Заземление



267. Условные буквенно-цифровые обозначения в электрорадиосхемах

В электрорадиосхемах рядом с условным графическим обозначением элемента электрической цепи проставляется его условное буквенно-цифровое обозначение. Каждой определенной группе элементов присвоено общее обозначение — одна из букв латинского алфавита (например, общим обозначением электроизмерительных приборов служит буква *P*, резисторов — буква *R* и т. д.) Вторая буква в условном буквенно-цифровом обозначении элемента уточняет его функцию, назначение и др. (например, буквы *PA* обозначают амперметр). Цифры показывают порядковый номер элемента данного вида на схеме.

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Громкоговоритель	*BA*	Вольтметр	*PV*
Телефон	*BF*	Ваттметр	*PW*
Звукосниматель	*BS*	Резисторы	*R*
Конденсатор	*C*	Терморезистор	*RK*
Микросхема аналоговая интегральная	*DA*	Шунт измерительный	*RS*
Лампа осветительная	*EL*	Выключатель или переключатель	*SA*
Плавкий предохранитель	*FU*	Выключатель кнопочный	*SB*
Генераторы, источники питания	*G*	Трансформатор	*T*
Батарея гальванических элементов	*GB*	Приборы полупроводниковые и электровакуумные	*V*
Индикационные устройства	*H*	Диод, стабилитрон	*VD*
Прибор световой сигнализации	*HL*	Транзистор	*VT*
Реле, контакторы	*K*	Тиристор	*VS*
Реле времени	*KT*	Прибор электровакуумный	*VL*
Катушка индуктивности, дроссель	*L*	Антенна	*WA*
Двигатель	*M*	Соединение контактное	*X*
Прибор измерительный	*P*	Штырь (вилка)	*XP*
Амперметр (милли- и микроамперметр)	*PA*	Соединение разборное	*XT*
Омметр	*PR*	Гнездо (розетка)	*XS*
Частотомер	*PF*	Электромагнит	*YA*

ОПТИКА

268. Показатель преломления *n* воды для различных длин волн (при $t=20°C$)

Длина волны, нм	*n*	Длина волны, нм	*n*
303,4	1,3581	546,1	1,3345
361,1	1,3474	589,3	1,3330
404,7	1,3428	643,8	1,3314
480,0	1,3374	656,3	1,3311
486,1	1,3371	768,2	1,3289
508,6	1,3360	1256,0	1,3210

269. Показатель преломления газов и паров

Значения показателя преломления *n* указаны при нормальных условиях для желтой линии натрия (λ=589,3 нм).

Газ, пар	*n*	Газ, пар	*n*
Азот	1,000297	Неон	1,000067
Аммиак	1,000375	Оксид углерода (II)	1,000334
Аргон	1,000284	Оксид углерода (IV)	1,000450
Ацетилен	1,000606	Оксид серы (IV)	1,000660
Водород	1,000138	Оксид серы (VI)	1,000737
Водяной пар	1,000252	Пары ртути	1,000933
Воздух	1,000292	Пары метилового спирта	1,000586
Гелий	1,000035	Пары хлороформа	1,001455
Кислород	1,000272	Сероводород	1,000619
Криптон	1,000427	Фтор	1,000195
Ксенон	1,000702	Хлор	1,000768
Метан	1,000441		

270. Показатель преломления жидкостей

В таблице приведены показатели преломления *n* жидкостей при температуре 20°С для желтой линии (*D*) натрия (λ=589,3 нм)

Жидкость	*n*	Жидкость	*n*
Анилин	1,586	Подсолнечное масло	1,47
Ацетон	1,359	Раствор сахара в воде (20%-ный)	1,364
Бензины	1,38—1,41	Раствор сахара в воде (80%-ный)	1,490
Бензол	1,501	Серная кислота	1,43
Вода	1,333	Скипидар	1,460—1,478
Глицерин	1,474	Соляная кислота	1,254
Жидкий азот (при $t=-195$°С)	1,205	Спирт метиловый	1,329
Жидкий кислород (при $t=-181$°С)	1,221	» этиловый	1,361
Касторовое масло	1,48	Толуол	1,497
Льняное масло	1,47	Трансформаторное масло	1,476—1,488
Молоко цельное	1,35	Хлороформ	1,446
Нафталин расплавленный (при $t=100$°С)	1,582	Эфир этиловый	1,354

271. Предельный угол полного отражения

Вещество	Предельный угол, °	Вещество	Предельный угол, °
Алмаз	25	Стекло различных сортов	30—42
Вода	49	Стекло оптическое марки К80	41
Глицерин	43	» ТК16	38
Лед	50	» ТФ5	35
Органическое стекло	42	» БК10	40
Сероуглерод	38	Эфир этиловый	47
Спирт	47		

272. Показатель преломления n воды при различной температуре

Значения показателя преломления воды приведены для желтой линии (D) натрия ($\lambda=589,3$ нм).

t, °C	n	t, °C	n	t, °C	n
0	1,33395	10	1,33369	20	1,33299
1	1,33395	11	1,33364	21	1,33290
2	1,33394	12	1,33358	22	1,33280
3	1,33393	13	1,33352	23	1,33271
4	1,33391	14	1,33346	24	1,33261
5	1,33388	15	1,33339	25	1,33250
6	1,33385	16	1,33331	30	1,33194
7	1,33382	17	1,33324	40	1,33061
8	1,33378	18	1,33316	50	1,32904
9	1,33374	19	1,33307	60	1,32725

273. Показатель преломления n твердых веществ (при $t=20$°C)

В таблице приведены показатели преломления твердых веществ относительно воздуха для желтой линии (D) натрия ($\lambda=589,3$ нм).

Вещество	n	Вещество	n
Алмаз	2,417	Слюда	1,56—1,60
Гранат	1,74—1,89	Стекло:	
Желатин	1,525	кварцевое	1,458
Каменная соль	1,544	обычное	1,48—1,53
Камфара	1,546	оптическое	1,47—2,04
Кварц	1,544	оптическое К80 . .	1,516
Корунд	1,769	» ТФ5 .	1,755
Лед (в интервале температур от 0 до 4°C)	1,310	» ТК2 .	1,572
Органическое стекло . .	1,485—1,500	» БК10 .	1,569
		» ТК16 .	1,613
Полистирол (при $t=15$°C)	1,592	» ТФ1 .	1,648
		» СТФ .	2,036
Рубин	1,76	Топаз	1,63
Сахар	1,56	Янтарь	1,532

274. Зависимость показателя преломления от длины волны

Длина волны, нм	Цвет	Среда			
		стекло (тяжелый флинт)	стекло (легкий крон)	вода (при $t=20$°C)	каменная соль
656,3	Красный	1,6444	1,5145	1,3311	1,5407
589,3	Желтый	1,6499	1,5170	1,3330	1,5443
546,1	Зеленый	1,6546	1,5191	1,3345	1,5475
480,0	Синий	1,6648	1,5235	1,3374	1,5541
404,7	Фиолетовый	1,6852	1,5318	1,3428	1,5665

275. Дополнительные цвета

В таблице приведены примеры дополнительных цветов, при смешивании которых образуется цвет, воспринимаемый глазом как белый. Числа в скобках указывают длины волн:

красный (660 нм) + сине-зеленый (490 нм);
зелено-желтый (564 нм) + фиолетовый (433 нм);
синий (490 нм) + оранжевый (600 нм);
желтый (585 нм) + синий (482 нм).

Примечание. Часть спектральных цветов, лежащая в интервале длин волн от ≈494 до ≈570 нм, не имеет дополнительных цветов.

276. Сила света некоторых источников

В таблице приведены средние значения силы света *I* некоторых источников света.

Источник света	*I*, кд	Источник света	*I*, кд
Тлеющая папироса	0,001—0,0001	дальний свет	$12\cdot10^3$
Светлячок	0,01—0,001	Кинопрожектор КПЛ-10 (лампа мощностью 150 Вт)	$2\cdot10^4$
Свеча, пламя спички	0,5—2,0	Прожектор заливающего света ПЗС-45:	
Лампочка электрического карманного фонаря	0,5—3,0	при лампе мощностью 0,5 кВт	$5\cdot10^4$—$8{,}5\cdot10^4$
Керосиновая лампа	1—10	при лампе мощностью 1 кВт	$2\cdot10^5$
Фара велосипедная	60	Прожектор заливающего света ПСМ-50 (лампа мощностью 1 кВт)	$6\cdot10^5$
Электрическая лампа накаливания мощностью:		Кинопрожектор дуговой КПД-35	$4\cdot10^6$
15 Вт	10	Электрическая дуга	10^3—10^5
40 Вт	30	Осветительный патрон (время горения 7—9 с)	$5\cdot10^4$
60 Вт	51	Боевой прожектор	$0{,}8\cdot10^9$—$1{,}2\cdot10^9$
100 Вт	103	Солнце	$3\cdot10^{27}$
150 Вт	173		
500 Вт	695		
Люминесцентная лампа мощностью:			
15 Вт	45—52		
40 Вт	160—180		
Фара автомобиля «Волга»:			
ближний свет	$5\cdot10^3$		

277. Освещенность в различных условиях, лк

Под прямыми солнечными лучами (средние широты)	100 000
В помещении в яркий солнечный день	1 000
В помещении в светлый несолнечный день	100
На экране кинотеатра	50—100
В безоблачную полночь ленинградской белой ночи	1
Ночью от полной Луны на границе атмосферы	0,34
Ночью от полной Луны на Земле	0,25
Безлунной ночью	0,0003

278. Наименьшая допускаемая освещенность помещений в жилых и общественных зданиях

В таблице указана норма освещенности помещений от источников общего освещения.

Наименование помещений	Наименьшая освещенность, лк		Уровень рабочей поверхности, к которой относится наименьшая освещенность
	при лампах накаливания	при люминесцентных лампах	
Школьные классы, учебные кабинеты	150	300	0,8 м от пола
Школьные мастерские по обработке металла* и дерева	150	300	0,8 м » »
Кабинеты домоводства	150	300	0,8 м » »
Кабинеты швейного дела*	200	400	0,8 м » »
Кабинеты черчения	200	400	0,8 м » »
Учительские*	100	200	0,8 м » »
Кабинет директора	100	200	0,8 м » »
Классные доски	150	300	Освещенность в вертикальной плоскости
Спортивные залы	100	200	на полу
Актовые залы	100	200	» »
Рекреации	75	150	» »
Читальные залы школьных библиотек	150	300	0,8 м от пола
Пионерские комнаты	150	300	0,8 м » »
Спальные комнаты в интернатах	30	75	0,8 м » »
Живые уголки в школах	150	300	0,8 м » »
Вестибюли и гардеробные в школах, вузах, клубах, музеях	50	100	На полу
Главные лестницы и главные коридоры в общественных зданиях (школах, театрах)	30	100	» »
Лестницы (не главные) в общественных зданиях и лестницы жилых домов	10	30	» »
Машинописные и машиносчетные бюро*	150	300	0,8 м от пола
Конструкторские и чертежные бюро*	150	300	0,8 м » »
Кабинеты и рабочие комнаты для конторских занятий*	75	200	0,8 м » »
Комнаты общественных организаций, красные уголки	75	150	0,8 м » »
Зрительные залы театров, клубов	75	200	0,8 м » »
Фойе	75	200	0,8 м » »
Зрительные залы кинотеатров	30	100	0,8 м » »
Залы столовых, буфетов, кафе, чайных	75	200	0,8 м » »
Торговые залы в магазинах готового платья, обуви, тканей, галантерейных, головных уборов, книжных, продовольственных	150	300	0,8 м » »
Торговые залы в магазинах посудных, мебельных и др.	100	200	0,8 м » »
Палаты больниц и санаториев*	30	75	0,8 м » »

* В данном помещении, помимо общего освещения, требуется установка местного освещения.

Наименование помещений	Наименьшая освещенность, лк		Уровень рабочей поверхности, к которой относится наименьшая освещенность
	при лампах накаливания	при люминесцентных лампах	
Операционные хирургические**	200	400	0,8 м от пола
Жилые комнаты в квартирах*	30	75	0,8 м » »
Жилые комнаты в общежитиях и интернатах	50	100	0,8 м » »
Кухни в жилых зданиях*	30	100	0,8 м » »
Кухни в детских учреждениях и общежитиях*	75	100	0,8 м » »
Лифты	30	75	На полу

Примечания. 1. Значения освещенности производственных помещений и объектов (помещений заводов, фабрик, цехов и др.), открытых пространств (строительных площадок, портов, станций и др.) определяются специальными отраслевыми нормами искусственного освещения.

2. Приняты следующие ступени нормирования освещенностей: 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 лк.

* В данном помещении, помимо общего освещения, требуется установка местного освещения.

** Для операционного поля необходима дополнительная освещенность в 3000 лк от бестеневых светильников.

279. Яркость

В таблице приведены примерные значения яркостей некоторых освещенных поверхностей и источников света.

	Яркость, кд/м²		Яркость, кд/м²
Наименьшая яркость, различаемая глазом	10^{-6}	Небо, покрытое светлыми облаками	10 000
Ночное безлунное небо . .	10^{-4}	Белая бумага, освещенная прямыми солнечными лучами	22 000
Снег в безлунную ночь . .	$5\cdot10^{-4}$	Чистый снег, освещенный прямыми солнечными лучами	30 000
Белая поверхность при освещенности 3 лк . . .	1	Планета Венера (ночью)	30 000
Снег в полнолуние	5	Нить вакуумной лампы накаливания (мощностью 40 Вт)	$2{,}2\cdot10^{6}$
Белая бумага (при освещенности 30 лк)	10	То же (мощностью 100 Вт)	$5{,}5\cdot10^{6}$
Экран (высококачественный) кинотеатра	35—50	Солнце на горизонте . . .	$3{,}6\cdot10^{6}$
Экран современного телевизора	до 300	Электрическая дуга с простыми углями	$15\cdot10^{7}$
Планета Юпитер (ночью)	500	Ртутная электрическая лампа сверхвысокого давления	$4{,}0\cdot10^{8}$—$1{,}8\cdot10^{9}$
Планета Марс (ночью) . .	2000	Солнце в зените	$1{,}5\cdot10^{9}$
Белая бумага в тени (солнечный день)	2000—3000	Солнце в зените (вне земной атмосферы)	$1{,}9\cdot10^{9}$
Диск полной Луны	2500	Фотовспышка (лампа «Молния»)	$1\cdot10^{10}$
Пламя стеариновой свечи	5000		
Люминесцентные лампы .	3700—8000		
Наибольшая допускаемая яркость светильников в школьных классах . . .	8000		

280. Данные о схематическом глазе

В схематическом глазе указываются значения, наиболее близко подходящие к средним, фактически наблюдаемым значениям оптических констант глаза человека.

Диаметр глазного яблока у взрослого человека, мм	23—24
Диаметр глазного яблока у новорожденного, мм	ок. 16
Объем глазного яблока, см³	6,5
Масса » » , г	15
Толщина склеры, мм	0,4—1,0
» роговицы, мм	0,8—1,0
» сосудистой оболочки, мм	до 0,35
» сетчатки, мм	0,1—0,4
Число палочек в сетчатке глаза, млн. шт.	порядка 7
Число колбочек в сетчатке глаза, млн. шт.	>100
Длина колбочки, мм	до 0,07
» палочки, мм	ок. 0,06
Размеры слепого пятна (форма овальная)	1,5×2 мм
Показатель преломления роговицы	1,38
Показатель преломления водянистой влаги и стекловидного тела	1,34
Показатель преломления вещества хрусталика	1,44
Радиус кривизны передней поверхности роговицы, мм	7,7
Оптическая сила роговицы, $м^{-1}$	40
Радиус кривизны передней поверхности хрусталика, мм	10
То же при максимальной аккомодации, мм	5,3
Радиус кривизны задней поверхности хрусталика, мм	6
То же при максимальной аккомодации, мм	5,3
Фокусное расстояние хрусталика, мм	69,9
Наибольшая толщина хрусталика, мм	3,7—4,0
Диаметр хрусталика, мм	8—10
Масса хрусталика, г	0,2
Оптическая сила хрусталика, $м^{-1}$	16—20
Оптическая сила водянистой влаги и стекловидного тела (вместе), $м^{-1}$	3—5
Фокусное расстояние (переднее) полной системы глаза, мм	17,06
То же при максимальной аккомодации, мм	14,17
Фокусное расстояние (заднее) полной системы глаза, мм	22,78
То же при максимальной аккомодации, мм	18,43
Оптическая сила полной системы глаза, $м^{-1}$	58,64
То же при максимальной аккомодации, $м^{-1}$	70—74
Диаметр зрачка при очень больших яркостях, мм	до 2
Диаметр зрачка при очень малых яркостях, мм	6—8
Избыточное давление внутри глаза, кПа (мм рт. ст.)	2,7—3,3 (20—25)
Диапазон яркостей, в котором может работать глаз, кд/м²	10^{-5}—10^{-7}
Нижний предел мощности светового потока, воспринимаемый глазом (при полной темновой адаптации), Вт	порядка $2\cdot10^{-17}$*
Верхний предел мощности светового потока, безболезненно воспринимаемый глазом, Вт	порядка $2\cdot10^{-5}$
Время инерции зрения (в среднем), с	0,05
Поле зрения глаза	125° (по вертикали)
» » »	150° (по горизонтали)
» » обоих глаз (по горизонтали)	≈180°

* Это соответствует попаданию в глаз нескольких десятков фотонов в 1 с или освещенности порядка 10^{-9} лк.

Разрез глазного яблока полусхематически изображен на рисунке 4.

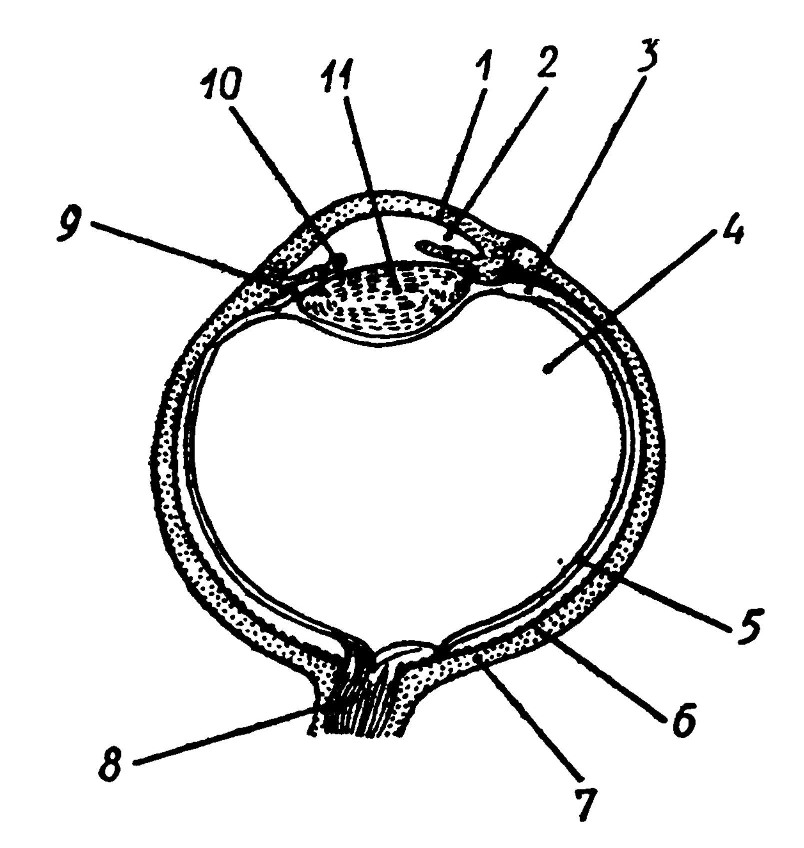


Рис. 4. Разрез глаза в горизонтальной плоскости:

1 — роговая оболочка; *2* — передняя камера; *3* — мышца; *4* — стекловидное тело; *5* — сетчатая оболочка; *6* — сосудистая оболочка; *7* — склера; *8* — зрительный нерв; *9* — задняя камера; *10* — радужная оболочка; *11* — хрусталик.

281. Спектральная чувствительность глаза при дневном видении*

В таблице приведены средние значения относительной световой эффективности** V^* для людей с нормальным зрением.

Длина волны, нм	V^*	Длина волны, нм	V^*	Длина волны, нм	V^*
400	0,0004	540	0,954	660	0,061
420	0,004	555	1,000	680	0,017
440	0,023	560	0,995	700	0,004
460	0,060	580	0,870	720	0,001
480	0,139	600	0,631	740	0,00025
500	0,323	620	0,381	760	0,00006
520	0,710	640	0,175		

* При дневном видении глаз обладает наибольшей чувствительностью к желто-зеленой части спектра — к излучению с длиной волны 555 нм. Чувствительность глаза к излучению указанной длины волны условно принята за единицу. При сумеречном зрении максимум спектральной чувствительности относится к излучению с длиной волны 507 нм.

** Число, показывающее, во сколько раз чувствительность глаза к излучению данной длины волны меньше, чем к излучению с длиной волны 555 нм, называется относительной световой эффективностью (прежнее наименование — относительная видность).

На рисунке 5 приведены кривые чувствительности глаза при дневном (сплошная кривая) и сумеречном (пунктирная кривая) освещении.

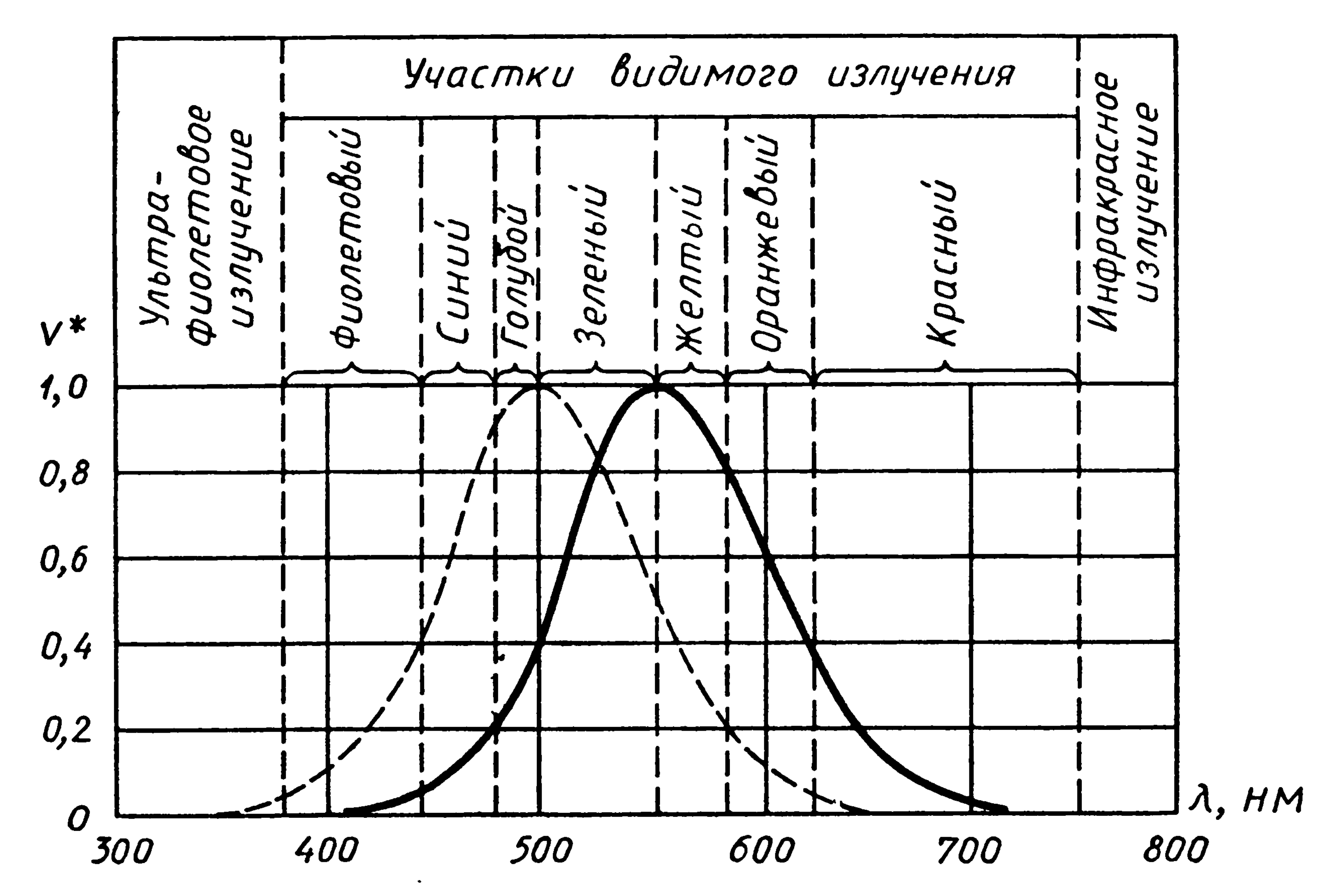


Рис. 5. Спектральная чувствительность глаза.

282. Химические элементы, открытые с помощью спектрального анализа

Порядковый номер элемента	Название элемента	Год открытия	Кто открыл	Способ возбуждения спектра
55	Цезий Cs	1860	Р. Бунзен и Г. Кирхгоф (Германия)	Пламя
37	Рубидий Rb	1861	Р. Бунзен и Г. Кирхгоф	Пламя
81	Таллий Tl	1861	У. Крукс (Англия)	Пламя
49	Индий In	1863	Ф. Рейх и Т. Рихтер (Германия)	Пламя
31	Галлий Ga	1875	П. Э. Лекок де Буабодран (Франция)	Искра
62	Самарий Sm	1879		
2	Гелий He	1895	У. Рамзай* (Англия)	Гейслеровы трубки
10	Неон Ne	1898	У. Рамзай и М. Траверс (Англия)	Гейслеровы трубки
36	Криптон Kr	1898	У. Рамзай и М. Траверс (Англия)	Гейслеровы трубки
54	Ксенон Xe	1898	У. Рамзай и М. Траверс (Англия)	Гейслеровы трубки
72	Гафний Hf	1923	Г. Хевеши (Венгрия) и Д. Костер (Голландия)	Открыт с помощью рентгеноспектрального анализа

* В 1868 г. астрономы Ж. Жансен (Франция) и Л. Локьер (Англия) обнаружили в солнечном спектре ярко-желтую линию, которую нельзя было приписать ни одному из известных в то время на Земле элементов. Неизвестный элемент был назван гелием. У. Рамзай открыл гелий в спектре газа, выделенного из минерала клевента.

283. Фраунгоферовы линии

И. Фраунгофер в 1814 г. обнаружил много сотен темных линий (линий поглощения) в солнечном спектре и с помощью дифракционной решетки измерил длины волн многих из них. Наиболее интенсивные линии И. Фраунгофер обозначил латинскими буквами. В таблице приводятся данные о некоторых из этих линий.

Длина волны, нм	Обозначение линии	Элемент	Область спектра, в которой наблюдается линия
759,41	A	Кислород	Красная
686,996	B	»	»
656,282	C(H_α)	Водород	Оранжевая
589,592 } *	D_1	Натрий	Желтая
588,995 }	D_2	»	»
587,562	D_3	Гелий	»
526,954	E_2	Железо	Зеленая
518,362	b_1	Магний	»
516,749 } **	b_4	Железо	»
516,734 }		Магний	»
486,133	F(H_β)	Водород	»
434,047	G′(H_γ)	»	Синяя
430,791 } **	G	Железо	»
430,774 }		Кальций	»
422,673	g	»	»
410,174	h	Водород	»
396,847	H	Кальций	Фиолетовая
393,367	K	»	»
382,043	L	Железо	»

* Двойная линия; принятое среднее значение длины волны двойной линии натрия — 589,3 нм.
** Две близкие линии.

284. Число *n* спектральных линий первых двадцати химических элементов таблицы Д. И. Менделеева

Атомный номер	Элемент	*n*	Атомный номер	Элемент	*n*
1	Водород	47	11	Натрий	83
2	Гелий	62	12	Магний	98
3	Литий	29	13	Алюминий	116
4	Бериллий	61	14	Кремний	157
5	Бор	32	15	Фосфор	69
6	Углерод	71	16	Сера	67
7	Азот	117	17	Хлор	169
8	Кислород	192	18	Аргон	422
9	Фтор	78	19	Калий	87
10	Неон	499	20	Кальций	163

285. Ультрафиолетовое излучение

Интервал длин электромагнитных волн, занимаемый ультрафиолетовым излучением, нм	примерно 380—10
Интервал частот ультрафиолетового излучения, Гц	примерно $8 \cdot 10^{14}$—$3 \cdot 10^{16}$
Энергия кванта ультрафиолетового излучения при длине волны 10 нм, Дж (эВ)	$2{,}0 \cdot 10^{-17}$ ($1{,}2 \cdot 10^{2}$)
Энергия кванта ультрафиолетового излучения при длине волны 380 нм, Дж (эВ)	$5{,}3 \cdot 10^{-19}$ (3,3)

286. Рентгеновское излучение и его применение

Интервал длин электромагнитных волн, занимаемый рентгеновским излучением, нм	примерно 80—0,001
Интервал частот, занимаемый рентгеновским излучением, Гц	примерно $3{,}7 \cdot 10^{15}$—$3{,}0 \cdot 10^{20}$
Энергия кванта рентгеновского излучения при длине волны 80 нм, Дж (эВ)	$2{,}4 \cdot 10^{-18}$ (15,0)
Энергия кванта рентгеновского излучения при длине волны 0,001 нм, Дж (эВ)	$2{,}0 \cdot 10^{-13}$ ($12{,}0 \cdot 10^{5}$)

Пределы рабочего напряжения, кВ	Область применения рентгеновского излучения
5—15	Медицина (для кожной поверхностной терапии). Просвечивание очень тонких и слабо поглощающих излучение материалов
До 30—60	Просвечивание неметаллических изделий (например, пластмасс), легких сплавов (алюминиевых, магниевых толщиной до 6—30 мм) *. Рентгеноструктурный анализ **
До 110—125	В медицине стационарные установки для диагностики и поверхностной терапии. При использовании напряжения 125 кВ контролируется алюминий толщиной примерно до 100 мм, сталь — до 20—30 мм
До 200—250	В медицине для глубокой терапии. Просвечивание алюминия толщиной до 350 мм, стали толщиной до 70 мм
До 300—400	В медицине для глубокой терапии. При контроле промышленных изделий просвечивание стали толщиной 100—120 мм
До 1000	Просвечивание стали толщиной 200 мм (время экспозиции 3 ч)
До 2000***	Просвечивание стали толщиной 300 мм (время экспозиции 1 ч 35 мин)

* При просвечивании материалов (рентгенодефектоскопии) рассматривают теневые картины исследуемых изделий, воспроизводимые чаще всего на рентгеновском снимке (реже на флуоресцирующем экране вследствие меньшей чувствительности способа). Путем просвечивания можно обнаружить без разрушения объектов наличие в них внутренних неоднородностей и пороков (раковин, трещин, инородных включений и др.), место их нахождения и размеры.

** При структурном анализе с помощью рентгеновских лучей исследуется тонкая структура вещества — расположение атомов в кристаллической решетке, величина и взаимное расположение кристаллов, образующих твердое тело. С помощью рентгеноструктурного анализа проводятся определения атомных структур минералов, неорганических соединений, сплавов, органических соединений (например, белков, антибиотиков, ДНК и др.).

*** Проникающая способность рентгеновских лучей определяется их жесткостью (т. е. длиной волны), которая зависит от прилагаемого к трубке напряжения. Для целей дефектоскопии используются напряжения до 2000 кВ. Аппараты, имеющие такие сверхвысокие напряжения, для просвечивания металла применяются весьма редко; устройство их сложно, они оказываются громоздкими, дорогими, трубки быстро выходят из строя.

287. Инфракрасное излучение

Интервал длин электромагнитных волн, занимаемый инфракрасным излучением, м	примерно $10^{-3}-760\cdot10^{-9}$
Интервал частот инфракрасного излучения, ТГц	примерно 0,3—400
Энергия кванта инфракрасного излучения при длине волны 1 мм, Дж (эВ)	$2{,}0\cdot10^{-22}$ ($\approx12{,}4\cdot10^{-4}$)
Энергия кванта инфракрасного излучения при длине волны 760 нм, Дж (эВ)	$2{,}6\cdot10^{-19}$ ($\approx1{,}6$)

Длинноволновая граница пропускания инфракрасного излучения для некоторых материалов, мкм

Стекло	2,7	Оксид магния	9,5
Кварц плавленый	4,0	Бромид цезия	40,0
Оксид алюминия (III)	5,5	Фторид кальция	10,0
Хлорид серебра	23,0		

Слой воды толщиной в несколько сантиметров непрозрачен для инфракрасного излучения с длиной волны более 1 мкм (поэтому вода используется как теплозащитный фильтр).

288. Гамма-излучение

Интервал длин электромагнитных волн, занимаемый гамма-излучением, нм	0,01 и менее
Интервал частот, занимаемый гамма-излучением, Гц	$3\cdot10^{19}$ и более
Энергия кванта гамма-излучения при длине волны 0,01 нм, Дж (эВ)	$\approx2{,}0\cdot10^{-14}$ ($\approx12\cdot10^{4}$)
Энергия кванта гамма-излучения при длине волны 0,0001 нм, Дж (эВ)	$\approx2{,}0\cdot10^{-12}$ ($\approx12\cdot10^{6}$)

289. Красная граница λ_0 фотоэффекта

Вещество	λ_0, нм	Вещество	λ_0, нм
Алюминий	450	Оксид бария	1235
Барий	484	Оксид меди (I)	239
Барий на вольфраме	1130	Парафин	215
Висмут	330	Платина	230
Вода	200	Ртуть	260
Вольфрам	272	Рубидий	573
Германий	272	Свинец	310
Железо	287	Селен	220
Золото	285	Сера	230
Кадмий	320	Серебро	260
Калий	550	Сурьма	310
Кальций	370	Сурьмяно-цезиевый катод	670
Кислородно-цезиевый катод	1400	Торий на вольфраме	473
Литий	500	Цезий	620
Магний	330	Цезий на вольфраме	909
Медь	270	Цезий на платине	895
Натрий	540	Цинк	290
Никель	249		

290. Классификация электромагнитных волн

Род излучения	Диапазоны				Название диапазона	
	длин волн		частот		волн	частот
	м	в других единицах	Гц	в других единицах		
Электромагнитные волны звуковых и инфразвуковых частот	10^{11}—10^5	10^8—10^2 км	$3\cdot10^{-3}$—$3\cdot10^3$	3 мГц—3 кГц	—	—
Радиоволны						
Мириаметровые . .	10^5—10^4	100—10 км	$3\cdot10^3$—$3\cdot10^4$	3—30 кГц	Сверхдлинные волны (СВД)	Очень низкие частоты (ОНЧ)
Километровые . . .	10^4—10^3	10—1 км	$3\cdot10^4$—$3\cdot10^5$	30—300 кГц	Длинные волны (ДВ)	Низкие частоты (НЧ)
Гектометровые . . .	10^3—10^2		$3\cdot10^5$—$3\cdot10^6$	0,3—3 МГц	Средние волны (СВ)	Средние частоты (СЧ)
Декаметровые . . .	100—10		$3\cdot10^6$—$3\cdot10^7$	3—30 МГц	Короткие волны (КВ)	Высокие частоты (ВЧ)
Метровые	10—1		$3\cdot10^7$—$3\cdot10^8$	30—300 МГц	Ультракороткие волны (УКВ)	Очень высокие частоты (ОВЧ)
Дециметровые . . .	1—0,1	10—1 дм	$3\cdot10^8$—$3\cdot10^9$	0,3—3 ГГц		Ультравысокие частоты (УВЧ)
Сантиметровые . .	0,1—0,01	10—1 см	$3\cdot10^9$—$3\cdot10^{10}$	3—30 ГГц		Сверхвысокие частоты (СВЧ)
Миллиметровые . .	10^{-2}—10^{-3}	10—1 мм	$3\cdot10^{10}$—$3\cdot10^{11}$	30—300 ГГц		Крайне высокие частоты (КВЧ)
Децимиллиметровые	10^{-3}—10^{-4}	1—0,1 мм	$3\cdot10^{11}$—$3\cdot10^{12}$	300 ГГц—3 ТГц	»	Гипервысокие частоты (ГВЧ)

Излучение оптического диапазона						
Инфракрасное излучение	10^{-3}—$7{,}6\cdot10^{-7}$	1 мм—760 нм	$3\cdot10^{11}$—$4{,}0\cdot10^{14}$	0,3—400 ТГц		
Видимое излучение	$7{,}6\cdot10^{-7}$—$3{,}8\cdot10^{-7}$	760—380 нм	$4{,}0\cdot10^{14}$—$8{,}0\cdot10^{14}$	400—800 ТГц		
красные волны	$7{,}6\cdot10^{-7}$—$6{,}2\cdot10^{-7}$	760—620 нм	$4{,}0\cdot10^{14}$—$4{,}8\cdot10^{14}$	400—480 ТГц		
оранжевые »	$6{,}2\cdot10^{-7}$—$5{,}9\cdot10^{-7}$	620—590 нм	$4{,}8\cdot10^{14}$—$5{,}1\cdot10^{14}$	480—510 ТГц		
желтые »	$5{,}9\cdot10^{-7}$—$5{,}6\cdot10^{-7}$	590—560 нм	$5{,}1\cdot10^{14}$—$5{,}4\cdot10^{14}$	510—540 ТГц		
зеленые »	$5{,}6\cdot10^{-7}$—$5{,}0\cdot10^{-7}$	560—500 нм	$5{,}4\cdot10^{14}$—$6{,}0\cdot10^{14}$	540—600 ТГц		
голубые »	$5{,}0\cdot10^{-7}$—$4{,}8\cdot10^{-7}$	500—480 нм	$6{,}0\cdot10^{14}$—$6{,}2\cdot10^{14}$	600—620 ТГц		
синие »	$4{,}8\cdot10^{-7}$—$4{,}5\cdot10^{-7}$	480—450 нм	$6{,}2\cdot10^{14}$—$6{,}7\cdot10^{14}$	620—670 ТГц		
фиолетовые »	$4{,}5\cdot10^{-7}$—$3{,}8\cdot10^{-7}$	450—380 нм	$6{,}7\cdot10^{14}$—$8{,}0\cdot10^{14}$	670—800 ТГц		
Ультрафиолетовое излучение	$3{,}8\cdot10^{-7}$—10^{-8}	380—10 нм	$8{,}0\cdot10^{14}$—$3\cdot10^{16}$	800 ТГц—30 ПГц		
Рентгеновское излучение	$8\cdot10^{-8}$—10^{-12}	80—0,001 нм	$3{,}7\cdot10^{15}$—$3\cdot10^{20}$	3,7 ПГц—300 ЭГц		
Гамма-излучение . .	10^{-11} и менее	0,01 нм и менее	$3\cdot10^{19}$ и более	30 ЭГц и более		

Примечания. 1. Электромагнитные волны длиннее 10^5 м в технике пока не получили применения и используются только в научных исследованиях.

2. Волны в диапазоне от 1 см до 10 м часто называют ультракороткими (УКВ).

3. Диапазон от 10^{-7} до 10^{-3} м принято называть диапазоном оптических радиоволн.

4. Со стороны высоких частот с учетом достижений лазерной техники граница диапазона электромагнитных волн, применяемых в технике связи, достигает значений порядка 10^{15} Гц.

5. Строгой границы между отдельными диапазонами длин электромагнитных волн не существует, и в ряде случаев соседние диапазоны «перекрывают» друг друга.

291. Масса m, энергия E и импульс p фотонов электромагнитного излучения при различной длине волны λ, соответствующей частоте колебаний ν

λ		ν, с$^{-1}$	m, кг	E		p, кг·м/с
м	в других единицах			Дж	эВ	
1	10^9 нм	$3{,}00\cdot10^{8}$	$2{,}2\cdot10^{-42}$	$1{,}99\cdot10^{-25}$	$1{,}24\cdot10^{-6}$	$6{,}63\cdot10^{-34}$
$1\cdot10^{-3}$	1 мм	$3{,}00\cdot10^{11}$	$2{,}2\cdot10^{-39}$	$1{,}99\cdot10^{-22}$	$1{,}24\cdot10^{-3}$	$6{,}63\cdot10^{-31}$
$3\cdot10^{-4}$	300 мкм	$1{,}00\cdot10^{11}$	$7{,}4\cdot10^{-36}$	$6{,}62\cdot10^{-22}$	$4{,}41\cdot10^{-3}$	$2{,}21\cdot10^{-31}$
$1\cdot10^{-6}$	1 мкм	$3{,}00\cdot10^{14}$	$2{,}9\cdot10^{-36}$	$1{,}99\cdot10^{-19}$	1,24	$6{,}63\cdot10^{-28}$
$8\cdot10^{-7}$	800 нм	$3{,}75\cdot10^{14}$	$2{,}8\cdot10^{-36}$	$2{,}48\cdot10^{-19}$	1,55	$8{,}28\cdot10^{-28}$
$7\cdot10^{-7}$	700 нм	$4{,}28\cdot10^{14}$	$3{,}2\cdot10^{-36}$	$2{,}94\cdot10^{-19}$	1,77	$9{,}47\cdot10^{-28}$
$6\cdot10^{-7}$	600 нм	$5{,}00\cdot10^{14}$	$3{,}7\cdot10^{-36}$	$3{,}31\cdot10^{-19}$	2,07	$1{,}10\cdot10^{-27}$
$5\cdot10^{-7}$	500 нм	$6{,}00\cdot10^{14}$	$4{,}4\cdot10^{-36}$	$3{,}97\cdot10^{-19}$	2,48	$1{,}33\cdot10^{-27}$
$4\cdot10^{-7}$	400 нм	$7{,}50\cdot10^{14}$	$5{,}5\cdot10^{-36}$	$4{,}97\cdot10^{-19}$	3,10	$1{,}66\cdot10^{-27}$
$3\cdot10^{-7}$	300 нм	$1{,}00\cdot10^{15}$	$7{,}4\cdot10^{-36}$	$6{,}62\cdot10^{-19}$	4,41	$2{,}21\cdot10^{-27}$
$27\cdot10^{-7}$	200 нм	$1{,}50\cdot10^{15}$	$1{,}1\cdot10^{-35}$	$9{,}93\cdot10^{-19}$	6,20	$2{,}31\cdot10^{-27}$
$1\cdot10^{-7}$	100 нм	$3{,}00\cdot10^{15}$	$2{,}2\cdot10^{-35}$	$1{,}99\cdot10^{-18}$	12,4	$6{,}63\cdot10^{-27}$
$5\cdot10^{-8}$	50 нм	$6{,}00\cdot10^{15}$	$4{,}4\cdot10^{-35}$	$3{,}97\cdot10^{-18}$	24,6	$1{,}33\cdot10^{-26}$
$1\cdot10^{-8}$	10 нм	$3{,}00\cdot10^{16}$	$2{,}2\cdot10^{-34}$	$1{,}99\cdot10^{-17}$	$12{,}4\cdot10^{2}$	$6{,}63\cdot10^{-26}$
$5\cdot10^{-9}$	5 нм	$6{,}00\cdot10^{16}$	$4{,}4\cdot10^{-34}$	$3{,}97\cdot10^{-17}$	$2{,}48\cdot10^{2}$	$1{,}33\cdot10^{-25}$
$1\cdot10^{-9}$	1 нм	$3{,}00\cdot10^{17}$	$2{,}2\cdot10^{-33}$	$1{,}99\cdot10^{-16}$	$1{,}24\cdot10^{2}$	$6{,}63\cdot10^{-25}$
$5\cdot10^{-10}$	0,5 нм	$6{,}00\cdot10^{17}$	$4{,}4\cdot10^{-33}$	$3{,}97\cdot10^{-16}$	$2{,}48\cdot10^{3}$	$1{,}33\cdot10^{-24}$
$1\cdot10^{-10}$	0,1 нм	$3{,}00\cdot10^{18}$	$2{,}2\cdot10^{-32}$	$1{,}99\cdot10^{-15}$	$1{,}24\cdot10^{4}$	$6{,}63\cdot10^{-24}$
$5\cdot10^{-11}$	0,05 нм	$6{,}00\cdot10^{18}$	$4{,}4\cdot10^{-32}$	$3{,}97\cdot10^{-15}$	$2{,}48\cdot10^{4}$	$1{,}33\cdot10^{-23}$
$1\cdot10^{-11}$	0,01 нм	$3{,}00\cdot10^{19}$	$2{,}2\cdot10^{-31}$	$1{,}99\cdot10^{-14}$	$1{,}24\cdot10^{5}$	$6{,}63\cdot10^{-23}$
$1\cdot10^{-12}$	0,001 нм	$3{,}00\cdot10^{20}$	$2{,}2\cdot10^{-30}$	$1{,}99\cdot10^{-13}$	$1{,}24\cdot10^{6}$	$6{,}63\cdot10^{-22}$
$1\cdot10^{-13}$	0,1 рм	$3{,}00\cdot10^{21}$	$2{,}2\cdot10^{-29}$	$1{,}99\cdot10^{-12}$	$1{,}24\cdot10^{7}$	$6{,}63\cdot10^{-21}$
$1\cdot10^{-14}$	0,01 рм	$3{,}00\cdot10^{22}$	$2{,}2\cdot10^{-28}$	$1{,}99\cdot10^{-11}$	$1{,}24\cdot10^{8}$	$6{,}63\cdot10^{-20}$
$1\cdot10^{-15}$	0,001 рм	$3{,}00\cdot10^{23}$	$2{,}2\cdot10^{-27}$	$1{,}99\cdot10^{-10}$	$1{,}24\cdot10^{9}$	$6{,}63\cdot10^{-19}$

292. Длина волн де Бройля

В таблице приведены длины волн λ де Бройля для некоторых движущихся частиц и тел. Масса и скорость частиц и тел обозначены соответственно буквами m и v.

Частица, тело	m, кг	v, м/с	λ	
			м	в других единицах
Электрон, обладающий энергией 100 эВ	$9,11 \cdot 10^{-31}$	$5,94 \cdot 10^{6}$	$1,23 \cdot 10^{-10}$	0,123 нм
Электрон, обладающий энергией 1000 эВ	$9,11 \cdot 10^{-31}$	$18,75 \cdot 10^{6}$	$3,88 \cdot 10^{-11}$	$\approx$0,039 нм
Нейтрон тепловой	$1,67 \cdot 10^{-27}$	$2,2 \cdot 10^{3}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	0,18 нм
Протон	$1,67 \cdot 10\ ^{27}$	$13,86 \cdot 10^{4}$	$2,86 \cdot 10^{-12}$	2,86 нм
Альфа-частица, вылетающая из ядра радия	$6,6 \cdot 10^{-27}$	$1,5 \cdot 10^{7}$	$6,6 \cdot 10^{-15}$	6,6 фм
Пылинка	10^{-15}	0,01	$6,6 \cdot 10^{-17}$	66,0 ам
Пуля	$9 \cdot 10^{-3}$	860	$8,5 \cdot 10^{-35}$	
Теннисный мяч	$58 \cdot 10^{-3}$	25	$4,6 \cdot 10^{-34}$	
Снаряд 76-миллиметровой пушки образца 1942 г.	6,2	680	$1,6 \cdot 10^{-37}$	

293. Лазеры

В таблице приведены: общая характеристика лазеров различного типа *(а)* и данные о некоторых распространенных лазерах *(б)*. Буквами и, н обозначен режим излучения лазера (и — импульсный, н — непрерывный), буквами т, п, ж, г — типы лазеров (т — твердотельные, п — полупроводниковые, ж — жидкостные, г — газовые).

а

Тип лазера	Диапазон длин волн излучения, нм	Активная среда	Мощность излучения, Вт	
			в импульсе	непрерывного
т	310—3000	Рубин, гранат, неодимовое стекло	$2,5 \cdot 10^{13}$	10^{3}
п	330—3200	ZnS, ZnO, PbS, PbSe, CaAs, InSb, CdS и др.	200	1
ж	220—1750	Растворы красителей и др.	$5 \cdot 10^{7}$	1
г	120—77 400	He—Ne, Ar, Kr, Xe, Ne, CO_2, N_2, O_2, H_2 и др.	$2 \cdot 10^{9}$	$6 \cdot 10^{4}$

б

Тип лазера	Активная среда	Длина волны излучения, нм	Режим излучения	Длительность импульса, нс	Частота импульсов, $с^{-1}$	Мощность излучения, Вт	Расходимость луча, мрад
т	Рубин	694	и	20	1—2	10^6—10^9	1—3
т	Стекло с примесью	1058	и	3—30	10^{-3}—0,1	10^8—$5\cdot10^{10}$	0,5—1
п	AlGaAs	700—900	и	100—200	500—5000	10—50	4000—6000
п	AlGaAs	700—900	н	—	—	0,1—1	4000—6000
ж	Неорганические жидкости	220—860	и	10^2—10^4	0,1—500	10^4—10^6	2—4
ж	Органические жидкости	500—670	н	—	—	0,1—1	0,2
г	CO_2	10 600	и	10^3—$5\cdot10^4$	25	10^6	2—10
г	CO_2	10 600	н	—	—	10^4	2—10
г	CF_3I	135	и	10^3—10^6	...	10^5—10^7	1
г	HF	2600—3500	и	20	...	$2\cdot10^{11}$	...

294. Световая отдача различных типов ламп и излучателей

Лампа, излучатель	Световая отдача, лм/Вт	Лампа, излучатель	Световая отдача, лм/Вт
Керосиновая лампа . . .	≈0,27	Осветительная лампа накаливания общего назначения (в среднем)	7—20
Газовый фонарь	1—2	Дуговая ртутная люминесцентная лампа высокого давления (ДРЛ) . . .	40—50
Лампа накаливания электрическая:		Вольфрам при температуре плавления	50
с угольной нитью . .	2—3	Абсолютно черное тело . .	90
с вольфрамовой нитью	8—9	Натриевая лампа высокого давления (НЛВД) . . .	90—130
с вольфрамовой спиралью (газополная) .	9—11	Однородное излучение с длиной волны 555 нм . .	683
с вольфрамовой биспиралью (газополная, наполнитель — аргон)	11,0—12,5		
с вольфрамовой биспиралью (газополная, наполнитель — криптон)	12,5—13,5		
с вольфрамовой биспиралью галогенная . .	22—27		

295. Диффузионное отражение света от различных материалов и поверхностей

Материал, поверхность	Коэффициент отражения, %	Материал, поверхность	Коэффициент отражения, %
Бархат черный	0,5	Материалы, окрашенные в желтый цвет	40
Трава	7	Доски некрашеные	40—45
Кирпич красный	8—10	Материалы, окрашенные белилами	50
Песок сырой	8—12	Снег чистый	50—90
Бумага коричневая	13	Облака белые	60—90
Поверхность школьной парты* (норма)	10—15	Картон белый	60—70
Паркет	10—15	Побеленные стены, потолки	65—75
Песок сухой	15—35	Бумага обычная белая	65—75
Железо оцинкованное	20	Киноэкран	70—85
Кирпич силикатный чистый	20—25	Белый кафель	75
Глина желтая	24	Оксид магния	98
Бумага голубая, желтая	25		
Картон желтый	30		

* Поверхность парты должна иметь зеленый или коричневый цвет.

296. Коэффициенты отражения, поглощения и пропускания материалов и сред

Коэффициенты отражения ρ, поглощения α и пропускания τ показывают, какая часть пучка белого цвета соответственно отражается, поглощается, пропускается данным материалом, средой. В таблице приведены значения указанных коэффициентов для видимой части спектра.

Материалы, среды	ρ	α	τ
Зеркальные			
Алюминий (полированный)	0,85—0,90	0,10—0,15	—
Жесть белая	0,60—0,70	0,30—0,40	—
Никель (полированный)	0,55—0,60	0,40—0,45	—
Серебро (свежеполированное)	0,90—0,92	0,08—0,10	—
Стеклянное посеребренное зеркало	0,85—0,88	0,12—0,15	—
Хром (полированный)	0,61—0,63	0,37—0,39	—
Прочие			
Атмосфера (воздух)* при исключительно ясной погоде	—	0,05	0,95

* Толщина слоя атмосферы — 1 км.

Материалы, среды	ρ	α	τ
ясной погоде	—	0,10	0,90
сырой	—	0,20	0,80
легком тумане	—	0,30	0,70
сильном тумане	—	0,40	0,60
Бумага белая	0,75	0,25	—
Белая клеевая краска	0,80	0,20	—
Желтая краска	0,40	0,60	—
Матированное стекло (толщиной 1,3—3,7 мм)	0,10	0,05	0,85
Органическое стекло (толщиной 3,3 мм)	0,10	0,06	0,84
Молочное стекло (толщиной 2—3 мм)	0,45	0,15	0,40
Оконное стекло (толщиной 1—3 мм)	0,08	0,02	0,90
Фарфоровая эмаль	0,60	0,40	—
Черное сукно	0,02	0,98	—
Черный бархат	0,005	0,995	—

297. Коэффициент отражения ρ металлами электромагнитных волн различной длины, %

	Длина волны, нм						
	250	300	400	500	600	700	800
	ρ						
Алюминий	84	87	89	90	90	87	84
Золото	39	32	28	47	84	92	95
Медь	26	25	31	44	72	83	89
Никель	...	44	53	61	65	69	70
Платина	34	40	48	58	64	69	70
Серебро	26	12	88	92	94	96	96
Сталь	33	44	50	55	55	58	58

Примечание. Значения ρ приведены для случая нормального падения света на поверхность металла.

298. Измерение скорости света

Скорость света c в вакууме принадлежит к числу важнейших констант физики, и она определялась большое число раз различными методами. В таблице приведены сведения о некоторых измерениях c, произведенных в разное время и в разных странах.

Год	Автор	Метод	Полученное значение c, км/с
1676	Ремер	Затмение спутников Юпитера (первое определение скорости света)	214 000*
1726	Брадлей	Аберрация звезд	301 000
1849	Физо	Зубчатое колесо (первое определение c в земных условиях) . . .	315 000±500
1862	Фуко	Вращающееся зеркало	298 000±500
1857	Вебер и Кольрауш	Отношение электростатических единиц к электромагнитным . . .	310 800
1868	Максвелл	То же	284 300
1872	Корню	Вращающееся зеркало	298 000±500
1872	Корню	Зубчатое колесо	298 500±900
1878	Майкельсон	Вращающееся зеркало	300 140
1880	Столетов	Отношение электростатических единиц к электромагнитным . . .	298 000
1882	Ньюкомб	Вращающееся зеркало	299 860±30
1882	Юнг, Форбс	Зубчатое колесо	301 382
1882	Майкельсон	Вращающееся зеркало	299 853±60
1883	Томсон Дж. Дж.	Отношение электростатических единиц к электромагнитным . . .	296 400
1889	Томсон В.	То же	300 500
1899	Лодж, Глазенбрук	» »	301 000
1900 и 1902	Перротен	Зубчатое колесо	299 880±50
1906	Роза и Дорсей	Отношение электростатических единиц к электромагнитным . . .	299 785±27
1924	Майкельсон	Вращающееся зеркало	299 802±30
1926	Майкельсон	То же	299 796±4
1932	Майкельсон и другие	» »	299 774±11
1937	Андерсен	Ячейка Керра	299 764±12
1947	Эссен	Полый резонатор	299 792±9
1949	Фрум	Радиоинтерферометр	299 792,5±3
1950	Мак Кинли	Двойное лучепреломление в кварце	299 780±70
1952	Ренк и другие	Вращательные спектры	299 776±6
1952	Карташев	Многолучевой интерферометр . . .	299 788±5
1953	Фрум	Радиоинтерферометр	299 792,75±0,3
1955	Величко, Васильев	Ячейка Керра	299 793,9±1
1957	Ренк и другие	Вращательные спектры	299 793,7±0,7

* По современным измерениям 300 870±100 км/с.

Год	Автор	Метод	Полученное значение c, км/с
1958	Фрум	Радиоинтерферометр	299 792,5±0,1
1958	Величко	Ячейка Керра	299 792,7±0,3
1959	Лазанов	То же	299 792,5±0,1
1967	Каролюс, Хельмбергер	Дифракционный модулятор с лазерным источником света . . .	299 792,5±0,15
1972	Ивенсон	Измерение частоты и длины волны с использованием лазера и интерферометра	299 792,4562±0,011

Последующие измерения скорости света, проведенные с использованием газовых лазеров, дали такие результаты: $c=(299\,792\,458{,}3 \pm 1{,}2)$ м/с; $c=(299\,792\,457 \pm \pm 6)$ м/с; $c=(299\,792\,462 \pm 18)$ м/с. Их анализ привел к следующему среднему значению для c: $c=299\,792\,458$ м/с. XV Генеральная конференция мер и весов (Париж, 1975 г.) приняла рекомендацию использовать для скорости распространения электромагнитных волн в вакууме значение 299 792 458 м/с.

ФИЗИКА АТОМА И ЯДРА

299. Единицы физических величин в атомной и ядерной физике

В атомной и ядерной физике часто применяют специальные единицы.

Единицей массы является атомная единица массы (а. е. м). Атомная единица массы равна 1/12 массы изотопа углерода с массовым числом 12 (т. е. изотопа $^{12}_{6}C$).

$$1 \text{ а. е. м} = 1{,}6605402 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Единица энергии — электронвольт (эВ). Электронвольт равен энергии, которую приобретает электрон, пройдя разность потенциалов в 1 В.

$$1 \text{ эВ} = 1{,}602177 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

В ядерной физике массу элементарной частицы часто выражают в энергетических единицах — мегаэлектронвольтах.

Энергетические эквиваленты

1 масса электрона	=0,51099906	МэВ
1 » протона	=938,27231	МэВ
1 » нейтрона	=939,56563	МэВ
1 а. е. м.	=931,49432	МэВ
1 масса мюона	=105,658389	МэВ

За единицу электрического заряда принят элементарный заряд, равный по абсолютному значению заряду электрона.

$$1 \text{ элементарный заряд} = 1{,}60217733 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Единицей площади для измерения эффективного поперечного сечения ядерных процессов служит барн (б).

$$1 \text{ б} = 10^{-28} \text{ м}^2$$

В качестве единиц длины в атомной и ядерной физике иногда используют внесистемные единицы ферми (фм), икс-единицу (икс-ед.) и ангстрем (Å):

$$1 \text{ фм} = 10^{-15} \text{ м}$$
$$1 \text{ икс-ед.} = 1{,}00206 \cdot 10^{-13} \text{ м}$$
$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$$

В качестве единицы времени в ядерной физике иногда применяют ядерное время пролета (эта единица обозначается $\tau_{яд}$). Ядерное время пролета равно времени, которое требуется нуклону с энергией 1 МэВ (что соответствует скорости $\approx 10^7$ м/с, т. е. 1/30 скорости света), для того чтобы пройти расстояние, равное диаметру ядра ($\approx 10^{-15}$ м).

$$\tau_{яд} = 10^{-22} \text{ с}$$

300. Радиусы атомов некоторых элементов

Название элемента и его символ	Порядковый номер элемента	Радиус атома, нм	Название элемента и его символ	Порядковый номер элемента	Радиус атома, нм
Азот N	7	0,070	Медь Cu	29	0,128
Алюминий Al	13	0,143	Молибден Mo	42	0,139
Аргон Ar	18	0,192	Мышьяк As	33	0,148
Барий Ba	56	0,221	Натрий Na	11	0,189
Бериллий Be	4	0,113	Неон Ne	10	0,160
Бор B	5	0,091	Никель Ni	28	0,124
Бром Br	35	0,114	Ниобий Nb	41	0,145
Ванадий V	23	0,134	Олово Sn	50	0,158
Висмут Bi	83	0,182	Осмий Os	76	0,135
Водород H	1	0,053	Платина Pt	78	0,138
Вольфрам W	74	0,140	Плутоний Pu	94	0,162
Гелий He	2	0,122	Ртуть Hg	80	0,160
Германий Ge	32	0,139	Свинец Pb	82	0,175
Европий Eu	63	0,202	Селен Se	34	0,16
Железо Fe	26	0,126	Сера S	16	0,104
Золото Au	79	0,144	Серебро Ag	47	0,144
Индий In	49	0,166	Стронций Sr	38	0,215
Иод I	53	0,133	Сурьма Sb	51	0,161
Иридий Ir	77	0,135	Таллий Tl	81	0,171
Кадмий Cd	48	0,156	Тантал Ta	73	0,146
Калий K	19	0,236	Титан Ti	22	0,146
Кальций Ca	20	0,197	Торий Th	90	0,180
Кислород O	8	0,066	Углерод C	6	0,77
Кобальт Co	27	0,125	Уран U	92	0,153
Кремний Si	14	0,134	Фосфор P	15	0,13
Криптон Kr	36	0,198	Фтор F	9	0,071
Ксенон Xe	54	0,218	Хлор Cl	17	0,099
Литий Li	3	0,155	Хром Cr	24	0,127
Магний Mg	12	0,160	Цезий Zs	55	0,268
Марганец Mn	25	0,130	Цинк Zn	30	0,139

301. Некоторые данные из атомной и ядерной физики

Порядок величины:	
линейных размеров атомов, см	10^{-8}
поперечных сечений атомов, $см^2$	10^{-16}
объемов атомов, $см^3$	10^{-24}
линейных размеров атомных ядер, см	$3\cdot10^{-13}$—$1\cdot10^{-12}$
объемов атомных ядер, $см^3$	10^{-36}
радиуса нейтрона, или протона, см	10^{-13}
Радиус атома водорода, см	$0,53\cdot10^{-8}$
» » урана, см	$\approx1,5\cdot10^{-8}$
» ядра гелия, см	$2\cdot10^{-13}$—$3\cdot10^{-13}$
» действия ядерных сил, см	$2\cdot10^{-13}$—$3\cdot10^{-13}$
Масса атомов, кг	$1,66\cdot10^{-27}$—$400\cdot10^{-27}$
Расстояние между атомами в твердом теле, см	порядка 10^{-8}
Плотность ядерного вещества в атомах, $кг/м^3$	$1,3\cdot10^{17}$—$2,7\cdot10^{17}$
Средняя длина свободного пробега электрона (при $t=20\ °C$), см:	
в золоте	0,041
в меди	0,042
в серебре	0,057
Средняя длина пробега протонов в воздухе (при $p=101\ 325$ Па и $t=15\ °C$), см:	
при энергии протона 0,1 МэВ	0,13
» » » 1 МэВ	2,3
» » » 10 МэВ	114,6
» » » 100 МэВ	7138
Средняя длина пробега альфа-частиц в воздухе (при $p=101\ 325$ Па и $t=15\ °C$), см:	
при энергии альфа-частицы 1 МэВ	0,50
при энергии альфа-частицы 10 МэВ	10,6
при энергии альфа-частицы 20 МэВ	34,4
Средняя длина пробега альфа-частиц в биологической ткани при энергии альфа-частицы 10 МэВ, мкм	130

Продолжение

Средняя длина пробега альфа-частиц в алюминии при энергии альфа-частицы 10 МэВ, мкм	69
Максимальная длина пробега бета-частиц соответственно в воздухе, биологической ткани (или воде) и в алюминии, см:	
при энергии бета-частицы 10 кэВ	0,13; 0,0002; 0,00006
» » » 100 кэВ	10,1; 0,16; 0,05
» » » 1 МэВ	306; 4,8; 1,5
» » » 10 МэВ	3900; 60,8; 19,2
Средняя длина пробега альфа-частицы, вылетевшей из ядра радия, в воздухе, см	3,3
Средняя скорость альфа-частицы, вылетевшей из ядра радия, км/с	15 200
Средняя скорость, м/с:	
электрона, имеющего энергию 1 эВ	$5{,}93\cdot10^{5}$
электрона, имеющего энергию 1 кэВ	$1{,}87\cdot10^{7}$
электрона, имеющего энергию 10 кэВ	$5{,}85\cdot10^{7}$
электрона, имеющего энергию 100 кэВ	$1{,}64\cdot10^{8}$
электрона, имеющего энергию 1 МэВ	$2{,}82\cdot10^{8}$
Средняя скорость электрона внутри металла при напряженности электрического поля 1 В/см, мм/с	0,5
Средняя скорость нейтронов, км/с:	
быстрых	10^{4}—$2\cdot10^{4}$
медленных (тепловых)	$\approx 2{,}2$
имеющих энергию 1 МэВ	$1{,}38\cdot10^{4}$
Средняя скорость направленного движения электронов в металле при напряженности электрического поля 1 В/см, м/с	0,3—0,5
Средняя скорость хаотического движения электронов в металле (при $t=20$ °C), км/с	100
Длина волны де Бройля, м:	
электрона с энергией 1 эВ	$1{,}226\cdot10^{-9}$
протона » » 1 эВ	$2{,}86\cdot10^{-11}$
альфа-частицы с энергией 1 эВ	$1{,}42\cdot10^{-11}$

302. Стабильные изотопы химических элементов

В таблице приведены основные данные о стабильных изотопах первых двадцати химических элементов таблицы Менделеева и о природных радиоактивных изотопах, которые имеют очень большой период полураспада (сравнимый с возрастом Земли) и поэтому отнесены к числу стабильных (для этих изотопов в скобках четвертого столбца указывается период полураспада в годах).

Атомный номер элемента	Название химического элемента	Символ		Массовая доля изотопа в природной смеси, %	Массовое число изотопа	Масса нуклида изотопа, а.е.м.	Атом изотопа содержит		
		элемента	изотопа				электронов	протонов	нейтронов
1	Водород	H	^{1}H	99,985	1	1,007825	1	1	—
			^{2}H	0,015	2	2,014102	1	1	1
2	Гелий	He	^{3}He	$\approx 1{,}3\cdot10^{-4}$	3	3,016049	2	2	1
			^{4}He	100	4	4,002603	2	2	2
3	Литий	Li	^{6}Li	7,5	6	6,015125	3	3	3
			^{7}Li	92,5	7	7,016004	3	3	4
4	Бериллий	Be	^{9}Be	100	9	9,012186	4	4	5
5	Бор	B	^{10}B	19,9	10	10,012939	5	5	5
			^{11}B	80,1	11	11,009305	5	5	6
6	Углерод	C	^{12}C	98,89	12	12,000000	6	6	6
			^{13}C	1,11	13	13,003354	6	6	7
7	Азот	N	^{14}N	99,635	14	14,003074	7	7	7
			^{15}N	0,365	15	15,000107	7	7	8
8	Кислород	O	^{16}O	99,75	16	15,994915	8	8	8
			^{17}O	0,037	17	16,999133	8	8	9
			^{18}O	0,204	18	17,999160	8	8	10
9	Фтор	F	^{19}F	100	19	18,998405	9	9	10
10	Неон	Ne	^{20}Ne	90,9	20	19,992440	10	10	10
			^{21}Ne	0,257	21	20,993849	10	10	11
			^{22}Ne	8,8	22	21,991385	10	10	12
11	Натрий	Na	^{23}Na	100	23	22,989771	11	11	12
12	Магний	Mg	^{24}Mg	78,6	24	23,985042	12	12	12
			^{25}Mg	10,1	25	24,985839	12	12	13
			^{26}Mg	11,3	26	25,982539	12	12	14
13	Алюминий	Al	^{27}Al	100	27	26,981539	13	13	14

Продолжение

14	Кремний	Si	^{28}Si	92,21	28	27,976929	14	14	14
			^{29}Si	4,70	29	28,976496	14	14	15
			^{30}Si	3,09	30	29,973763	14	14	16
15	Фосфор	P	^{31}P	100	31	30,973765	15	15	16
16	Сера	S	^{32}S	95,018	32	31,972074	16	16	16
			^{33}S	0,750	33	32,971462	16	16	17
			^{34}S	4,215	34	33,967864	16	16	18
			^{36}S	0,017	36	35,967090	16	16	19
17	Хлор	Cl	^{35}Cl	75,77	35	34,968851	17	17	18
			^{37}Cl	24,23	37	36,965898	17	17	20
18	Аргон	Ar	^{36}Ar	0,34	36	35,967544	18	18	18
			^{38}Ar	0,06	38	37,962728	18	18	20
			^{40}Ar	99,60	40	39,962384	18	18	22
19	Калий	K	^{39}K	93,08	39	38,963710	19	19	20
			^{40}K ($1,3 \cdot 10^9$ лет)	0,0119	40	39,964000	19	19	21
			^{41}K	6,91	41	40,961832	19	19	22
20	Кальций	Ca	^{40}Ca	96,96	40	39,962589	20	20	20
			^{42}Ca	0,64	42	41,958525	20	20	22
			^{43}Ca	0,14	43	42,958780	20	20	23
			^{44}Ca	2,07	44	43,955490	20	20	24
			^{46}Ca	0,0033	46	45,953689	20	20	26
			^{48}Ca	0,18	48	47,952531	20	20	28

303. Распределение электронов в атомах

Электроны в атомах располагаются по определенным оболочкам (слоям), которые обозначаются буквами *K*, *L*, *M*, *N*, *O*, *P*, *Q*. Эти оболочки отвечают соответственно значениям главного квантового числа $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$. Ближайшая к ядру электронная оболочка — оболочка *K*. Предельное число электронов, которое может находиться на каждой оболочке, определяется выражением $2n^2$. Таким образом, в однoквантовой оболочке (оболочке наименьшего радиуса — *K*-оболочке) может содержаться не более 2 электронов, на второй, двуквантовой (*L*-оболочке) — не более 8 электронов, в оболочках *M*, *N*, *O*, *P*, *Q* — соответственно не более 18, 32, 50, 72 и 98 электронов.

Элемент	K	L	M	N
1	1			
2	2			
3	2	1		
4	2	2		
5	2	3		
6	2	4		
7	2	5		
8	2	6		
9	2	7		
10	2	8		
11	2	8	1	
12	2	8	2	
13	2	8	3	
14	2	8	4	
15	2	8	5	
16	2	8	6	
17	2	8	7	
18	2	8	8	
19	2	8	8	1
20	2	8	8	2
21	2	8	9	2
22	2	8	10	2
23	2	8	11	2
24	2	8	13	1
25	2	8	13	2
26	2	8	14	2
27	2	8	15	2
28	2	8	16	2
29	2	8	18	1
30	2	8	18	2
31	2	8	18	3
32	2	8	18	4
33	2	8	18	5
34	2	8	18	6
35	2	8	18	7
36	2	8	18	8

Элемент	K	L	M	N	O	P
37	2	8	18	8	1	
38	2	8	18	8	2	
39	2	8	18	9	2	
40	2	8	18	10	2	
41	2	8	18	12	1	
42	2	8	18	13	1	
43	2	8	18	13	2	
44	2	8	18	15	1	
45	2	8	18	16	1	
46	2	8	18	18	0	
47	2	8	18	18	1	
48	2	8	18	18	2	
49	2	8	18	18	3	
50	2	8	18	18	4	
51	2	8	18	18	5	
52	2	8	18	18	6	
53	2	8	18	18	7	
54	2	8	18	18	8	
55	2	8	18	18	8	1
56	2	8	18	18	8	2
57	2	8	18	18	9	2
58	2	8	18	20	8	2
59	2	8	18	21	8	2
60	2	8	18	22	8	2
61	2	8	18	23	8	2
62	2	8	18	24	8	2
63	2	8	18	25	8	2
64	2	8	18	26	9	2
65	2	8	18	27	8	2
66	2	8	18	28	8	2
67	2	8	18	29	8	2
68	2	8	18	30	8	2
69	2	8	18	31	8	2
70	2	8	18	32	8	2
71	2	8	18	32	9	2

Элемент	K	L	M	N	O	P	Q
72	2	8	18	32	10	2	
73	2	8	18	32	11	2	
74	2	8	18	32	12	2	
75	2	8	18	32	13	2	
76	2	8	18	32	14	2	
77	2	8	18	32	15	2	
78	2	8	18	32	17	1	
79	2	8	18	32	18	1	
80	2	8	18	32	18	2	
81	2	8	18	32	18	3	
82	2	8	18	32	18	4	
83	2	8	18	32	18	5	
84	2	8	18	32	18	6	
85	2	8	18	32	18	7	
86	2	8	18	32	18	8	
87	2	8	18	32	18	8	1
88	2	8	18	32	18	8	2
89	2	8	18	32	18	9	2
90	2	8	18	32	18	10	2
91	2	8	18	32	20	9	2
92	2	8	18	32	21	9	2
93	2	8	18	32	23	8	2
94	2	8	18	32	24	8	2
95	2	8	18	32	25	8	2
96	2	8	12	32	25	9	2
97	2	8	18	32	27	8	2
98	2	8	18	32	28	8	2
99	2	8	18	32	29	8	2
100	2	8	18	32	30	8	2
101	2	8	18	32	31	8	2
102	2	8	18	32	32	8	2
103	2	8	18	32	32	9	2
104	2	8	18	32	32	10	2
105	2	8	18	32	32	11	2
106	2	8	18	32	32	12	2
107	2	8	18	32	32	13	2

304. Радиусы некоторых ионов

Название химического элемента	Порядковый номер элемента	Ион и его заряд	Радиус иона, нм
Азот	7	N^{3+}	0,016
		N^{5+}	0,013
Алюминий	13	Al^{3+}	0,051
Америций	95	Am^{3+}	0,107
Барий	56	Ba^{2+}	0,134
Бериллий	4	Be^{2+}	0,035
Бор	5	B^{3+}	0,023
Бром	35	Br^{-}	0,196
		Br^{5+}	0,047
Ванадий	23	V^{5+}	0,059
Висмут	83	Bi^{3+}	0,096
		Bi^{5+}	0,074
Вольфрам	74	W^{6+}	0,062
Германий	32	Ge^{2+}	0,073
Европий	63	Eu^{3+}	0,097
Железо	26	Fe^{2+}	0,074
		Fe^{3+}	0,064
Золото	79	Au^{3+}	0,085
Иод	53	I^{-}	0,220
		I^{5+}	0,062
		I^{7+}	0,050
Иридий	77	Ir^{4+}	0,066
Калий	19	K^{+}	0,133
Кальций	20	Ca^{2+}	0,099
Кислород	8	O^{2-}	0,132
Кобальт	27	Co^{2+}	0,072
		Co^{3+}	0,63
Кремний	14	Si^{4+}	0,04
Литий	3	Li^{+}	0,068
Магний	12	Mg^{2+}	0,066

305. Межъядерные расстояния двухатомных молекул

В таблице приведены расстояния между ядрами атомов некоторых двухатомных молекул. Вследствие колебаний ядер эти расстояния не являются строго постоянными. В таблице указаны равновесные межъядерные расстояния r_e, т. е. расстояния между ядрами в положении равновесия, что соответствует гипотетическому состоянию в отсутствие колебаний.

Молекула	r_e, нм	Молекула	r_e, нм	Молекула	r_e, нм
Cl_2	0,1998	K_2	0,3923	O_2	0,1207
H_2	0,0742	KCl	0,279	P_2	0,1894
HBr	0,1414	Li_2	0,2672	PbO	0,1922
He_2	0,1046	N_2	0,1094	SnO	0,1838
Hg_2	0,33	Na_2	0,3079	O_2	0,1889
I_2	0,2667	NaCl	0,251	KBr	0,294
KI	0,323	SO	0,1494	OH	0,0971
HCl	0,1275	CO	0,1128	NO	0,1151

306. Межъядерные расстояния *l* в металлах и кристаллах некоторых неорганических соединений

Вещество	*l*, нм	Вещество	*l*, нм
Металлы		Свинец	0,3500
Алюминий	0,2863	Серебро	0,2889
Ванадий	0,2622	Тантал	0,286
Висмут	0,3095	Титан	0,2896
Вольфрам	0,2741	Уран	0,277
Железо	0,2482	Хром	0,2498
Золото	0,2884	Цинк	0,2665
Иридий	0,2715	*Неорганические соединения*	
Калий	0,4544		
Кальций	0,3947	Бария оксид BaO	0,2762
Кобальт	0,2506	Графит C	0,1421
Литий	0,3039	Калия иодид KI	0,3525
Магний	0,3197	Калия хлорид KCl	0,3138
Медь	0,2556	Кальция хлорид $CaCl_2$	0,273
Натрий	0,3716	Кальция оксид CaO	0,2401
Никель	0,2492	Натрия хлорид NaCl	0,2814
Олово	0,2810	Свинца сульфид PbS	0,2962
Платина	0,2775	Свинца оксид PbO	0,230
Ртуть (при $t = -46$°C)	0,3005	Цинка оксид ZnO	0,195

Примечание. Межъядерные расстояния в кристаллических решетках отличаются от межъядерных расстояний в двухатомных молекулах (см. табл. 305). Например, межъядерное расстояние в кристалле калия равно 0,4514 нм, а в двухатомной молекуле калия 0,3923 нм.

307. Массы ядер и атомов

В таблице приведены массы ядер и атомов некоторых изотопов, выраженные в энергетических единицах.

Изотоп	Масса, МэВ		Изотоп	Масса, МэВ	
	атома	ядра		атома	ядра
^{1}H	938,77	938,26	^{11}B	10 254,93	10 252,38
^{2}H	1876,09	1875,58	^{10}C	9 330,44	9 327,37
^{3}H	2809,38	2808,87	^{11}C	10 256,91	10 253,84
^{6}Li	5602,96	5601,42	^{12}C	11 177,74	11 174,67
^{7}Li	6535,25	6533,72	^{13}C	12 112,33	12 109,26
^{8}Li	7472,77	7471,24	^{14}C	13 043,71	13 040,64
^{6}Be	5607,23	5605,19	^{15}C	13 982,04	13 978,97
^{7}Be	6536,12	6534,07	^{16}C	14 917,34	14 914,27
^{8}Be	7456,76	7454,72	^{14}N	13 043,55	13 039,97
^{9}Be	8394,65	8392,61	^{15}N	13 972,27	13 968,69
^{8}B	7474,75	7472,20	^{16}O	14 898,91	14 894,82
^{9}B	8395,72	8393,17	^{17}O	15 834,32	15 830,23
^{10}B	9326,83	9324,28	^{17}F	15 837,08	15 832,48

308. Формы записи ядерных реакций

Существует две формы записи уравнения ядерной реакции — полная и сокращенная.

При полной форме записи уравнения ядерной реакции в левой его части записываются вступающие в реакцию ядро и частица, а в правой — продукты реакции; между правой и левой частями уравнения ставится стрелка.

При сокращенной форме записи уравнения ядерной реакции сначала указывается символ бомбардирующей частицы, а потом символ вылетающей из ядра частицы; за скобками указывается конечный продукт реакции — символ ядра, образующегося в итоге реакции. Символ ядра записывается с индексами, обозначения частиц — без индексов*.

Примеры записей уравнений ядерных реакций

Полная форма записи	Сокращенная форма записи уравнений ядерной реакции	Примечание
${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$	${}^{14}_{7}N\ (\alpha,\ p)\ {}^{17}_{8}O$	Первая искусственно осуществленная человеком ядерная реакция (Э. Резерфорд, 1919 г.)
${}^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$	${}^{9}_{4}Be\ (\alpha,\ n)\ {}^{12}_{6}C$	Ядерная реакция, при которой впервые был выделен из ядра атома нейтрон
${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$ ${}^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{13}_{7}N + {}^{1}_{0}n$	${}^{27}_{13}Al\ (\alpha,\ n){}^{30}_{15}N$ ${}^{10}_{5}B\ (\alpha,n)\ N^{13}_{7}$	Ядерные реакции, при которых впервые были искусственно получены радиоактивные изотопы (Ирен и Фредерик Жолио-Кюри, 1934 г.)
${}^{95}_{42}Mo + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{96}_{43}Te + {}^{1}_{0}n$	${}^{95}_{42}Mo\ (d,\ n)\ {}^{96}_{42}Tc$	Ядерная реакция, при которой впервые был получен химический элемент, отсутствующий в земной коре,— технеций (Э. Сегре и др., 1937 г.)
${}^{7}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He$	${}^{7}_{3}Li\ (p,\ 2\alpha)\ {}^{4}_{3}He$	Первая ядерная реакция с искусственно ускоренными протонами (Д. Кокрофт и Е. Уолтон, 1932 г.)
${}^{6}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{3}_{2}He$	${}^{6}_{3}Li\ (p,\ \alpha)\ {}^{3}_{2}He$	Реакция, при которой был открыт легкий изотоп гелия

* Ядро обозначается химическим символом атома с двумя индексами — верхним и нижним (нижний индекс иногда опускается). Например, ядро алюминия обозначается следующим образом: ${}^{27}_{13}Al$ или ${}^{27}Al$.

Обозначения частиц: нейтрон — ${}^{1}_{0}n$; протон — ${}^{1}_{1}H$ или p; дейтрон — ${}^{2}_{1}H$, ${}^{2}_{1}D$ или d; альфа-частица — ${}^{4}_{2}He$ или α; электрон — ${}_{-1}^{0}e$ или e^{-}; позитрон — ${}_{+1}^{0}e$ или e^{+}; гамма-квант ${}^{0}_{0}\gamma$ или γ; нейтрино — ${}^{0}_{0}\nu$ или ν; тритон — ${}^{3}_{1}H$, ${}^{3}_{1}T$ или t.

309. Искусственно полученные радиоактивные элементы

В таблице приведен перечень искусственно полученных к началу 1978 г. химических элементов, указаны массовые числа наиболее долгоживущих изотопов, период их полураспада.

Порядковый номер элемента	Название и символ элемента	Год синтеза элемента	Массовое число наиболее долгоживущего изотопа	Период полураспада наиболее долгоживущего изотопа
43	Технеций Tc	1937	97	$2{,}6 \cdot 10^6$ лет
61	Прометий Pm	1947	145	18 лет
85	Астат At	1940	210	8,3 ч
87	Франций Fr	1939	223	21 мин
	Трансурановые элементы			
93	Нептуний Np	1940	237	$2{,}2 \cdot 10^6$ лет
94	Плутоний Pu	1940	244	$7{,}6 \cdot 10^7$ лет
95	Америций Am	1944	243	7950 лет
96	Кюрий Cm	1944	247	$1{,}64 \cdot 10^7$ лет
97	Берклий Bk	1949	247	10^4 лет
98	Калифорний Cf	1950	251	800 лет
99	Эйнштейний Es	1954	254	480 сут
100	Фермий Fm	1953	257	79 сут
101	Менделевий Md	1955	258	53 сут
102	(Нобелий No)*	1963—1966	255	3 мин
103	(Лоуренсий Lr)*	1963—1966	256	60 с
104	Курчатовий Ku	1964	261	70 с
105	Нильсборий Ns	1970	261	2 с
106	—	1974	259	0,01 с
107	—	1976	261	0,01 с

Примечание Ядерные реакции, при которых образуются элементы, названные в таблице, см в табл 310.

* Название элемента не является общепринятым.

310. Реакции, при которых были искусственно получены химические элементы

Порядковый номер	Название и символ элемента	Реакция получения
43	Технеций Tc	1 $^{92}_{42}Mo + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{92}_{43}Tc + 2^{1}_{0}n$
		2. $^{98}_{42}Mo + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{99}_{43}Tc + ^{1}_{0}n$
		3 $^{98}_{42}Mo + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{99}_{42}Mo + \gamma$; $^{99}_{42}Mo \rightarrow ^{99}_{43}Tc + ^{0}_{-1}e$
		4 $^{99}_{44}Pu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{99}_{43}Tc + ^{1}_{1}H$
61	Прометий Pm	1 Впервые выделен из продуктов деления урана-235 в ядерных реакторах
		2 $^{145}_{59}Pr + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{147}_{61}Pm + 2^{1}_{0}n$

Порядковый номер	Название и символ элемента	Реакция получения
		3. $^{144}_{62}Sm + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{145}_{62}Sm + \gamma$; $^{145}_{62}Sm \rightarrow ^{145}_{61}Pm + ^{0}_{1}e$
85	Астат At	1. $^{209}_{83}Bi + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{211}_{85}At + 2^{1}_{0}n$
		2. $^{197}_{79}Au + ^{12}_{6}C \rightarrow ^{206}_{85}At + 3^{1}_{0}n$
87	Франций Fr	1. Выделен из продуктов распада актиния: $^{227}_{89}Ac$ (альфа-распад) $\rightarrow ^{223}_{87}Fr + ^{4}_{2}He$
		2. При расщеплении Th протонами образуются изотопы франция, например: $^{232}_{90}Th + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{212}_{87}Fr + 4^{1}_{1}H + 17^{1}_{0}n$
93	Нептуний Np	1 $^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{237}_{92}U + 2^{1}_{0}n$; $^{237}_{92}U \rightarrow ^{237}_{93}Np + _{-1}^{0}e$
		2. $^{238}_{92}U + ^{1}_{2}H \rightarrow ^{236}_{93}Np + 4^{1}_{0}n$
		3. $^{238}_{92}U + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{239}_{93}Np + ^{1}_{0}n$
94	Плутоний Pu	1. $^{238}_{92}U + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{238}_{93}Np + 2^{1}_{0}n$; $^{238}_{93}Np \rightarrow ^{238}_{97}Pu + _{-1}^{0}e$
		2. $^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U + \gamma$; $^{239}_{92}U \rightarrow ^{239}_{93}Np + _{-1}^{0}e$; $^{239}_{93}Np \rightarrow ^{239}_{94}Pu + _{-1}^{0}e$
95	Америций Am	$^{238}_{92}U + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{241}_{94}Pu + ^{1}_{0}n$; $^{241}_{94}Pu \rightarrow ^{241}_{95}Am + _{-1}^{0}e$
96	Кюрий Cm	$^{239}_{94}Pu + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{242}_{96}Cm + ^{1}_{0}n$
97	Берклий Bk	1. $^{241}_{95}Am + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{243}_{97}Bk + 2^{1}_{0}n$
		2. $^{244}_{96}Cm + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{245}_{97}Bk + ^{1}_{0}n$
98	Калифорний Cf	1. $^{242}_{96}Cm + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{245}_{98}Cf + ^{1}_{0}n$
		2. $^{238}_{92}U + ^{12}_{6}C \rightarrow ^{246}_{98}Cf + 4^{1}_{0}n$
		3. $^{245}_{96}Cm + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{248}_{98}Cf + ^{1}_{0}n$
99	Эйнштейний Es	1. $^{238}_{92}U + ^{14}_{7}N \rightarrow ^{246}_{99}Es + 6^{1}_{0}n$
		2. $^{249}_{97}Bk + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{252}_{99}Es + ^{1}_{0}n$
100	Фермий Fm	1. $^{238}_{92}U + ^{16}_{8}O \rightarrow ^{250}_{100}Fm + 4^{1}_{0}n$
		2. $^{252}_{98}Cf + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{253}_{100}Fm + 3^{1}_{0}n$
101	Менделевий Md	$^{253}_{99}Es + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{256}_{101}Md + ^{1}_{0}n$
102	(Нобелий No)*	1. $^{243}_{95}Am + ^{15}_{7}N \rightarrow ^{254}_{102}No + 4^{1}_{0}n$
		2. $^{238}_{92}U + ^{22}_{10}Ne \rightarrow ^{256}_{102}No + 4^{1}_{0}n$
		3. $^{241}_{94}Pu + ^{16}_{8}O \rightarrow ^{253}_{102}No + 4^{1}_{0}n$
103	(Лоуренсий Lr)*	$^{243}_{95}Am + ^{18}_{8}O \rightarrow ^{256}_{103}Lr + 5^{1}_{0}n$
104	Курчатовий Ku	$^{242}_{94}Pu + ^{22}_{10}Ne \rightarrow ^{260}_{104}Ku + 4^{1}_{0}n$
105	Нильсборий Ns	$^{243}_{95}Am + ^{22}_{10}Ne \rightarrow ^{261}_{105}105 + 4^{1}_{0}n$
106	—	$^{207}_{82}Pb + ^{54}_{24}Cr \rightarrow ^{259}_{106}106 + 2^{1}_{0}n$
107	—	$^{209}_{83}Bi + ^{54}_{24}Cr \rightarrow ^{261}_{107}107 + 2^{1}_{0}n$

* Название элемента не является общепринятым.

311. Получение искусственных радиоактивных изотопов*

В таблице приведены сведения о производстве радиоактивных изотопов, получивших широкое применение в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства, науки, медицины.

Первая буква в скобках (третья графа) обозначает бомбардирующую частицу (*p* — протон, *d* — дейтрон, *n* — нейтрон, *α* — альфа-частица).

Название элемента	Символ радиоактивного изотопа	Реакция получения изотопа	Метод получения радиоактивного изотопа
Европий	^{152}Eu	$^{152}Eu\ (n,\ \gamma)^{152}Eu$	Облучение в реакторе мишеней, содержащих природные изотопы европия, нейтронами
Европий	^{154}Eu	$^{153}Eu\ (N,\ \gamma)^{154}Eu$	
Железо	^{59}Fe	$^{58}Fe\ (n,\ \gamma)\ ^{59}Fe$	Облучение металлического железа (или его окислов) в реакторе
Иод	^{131}I	$^{131}Te \rightarrow {}^{131}I + {}_{-1}^{0}e$	Выделение изотопа из природных соединений теллура, облученных нейтронами
Иридий	^{192}Ir	$^{191}Ir\ (n,\ \gamma)\ ^{192}Ir$	Облучение природного иридия в реакторе
Калий	^{42}K	$^{41}K\ (n,\ \gamma)\ ^{42}K$	Облучение нейтронами карбоната калия (K_2CO_3) в реакторе
Кальций	^{45}Ca	$^{44}Ca\ (n,\ \gamma)\ ^{45}Ca$	Облучение в реакторе природных соединений кальция (CaO, ($CaCO_3$) нейтронами
Кобальт	^{60}Co	$^{59}Co\ (n,\ \gamma)\ ^{60}Co$	Облучение кобальтовых мишеней в реакторе
Марганец	^{54}Mn	$^{56}Fe\ (d,\ \alpha)\ ^{54}Mn$ $^{54}Fe\ (n,\ p)\ ^{54}Mn$	Облучение железа дейтронами или облучение в реакторе мишеней из железа нейтронами
Натрий	^{22}Na	$^{24}Mg\ (d,\ \alpha)\ ^{22}Na$ $^{25}Mg\ (p,\ \alpha)\ ^{22}Na$ $^{27}Al\ (p,\ 3p,\ 3n)\ ^{22}Na$	Облучение магниевых или алюминиевых мишеней на циклотроне
Олово	^{113}Sn	$^{112}Sn\ (n,\ \gamma)^{113}Sn$ $^{113}In\ (p,\ n)^{113}Sn$ $^{113}In\ (d,\ 2n)^{113}Sn$	Облучение в реакторе природного олова; облучение индия протонами или дейтронами
Плутоний	^{238}Pu	$^{237}Np\ (n,\ \gamma)^{238}Np$ $^{238}Np \rightarrow {}^{238}Pu + {}_{-1}^{0}e$	Длительное облучение нейтронами нептуния
Плутоний	^{239}Pu	$^{238}U\ (n,\ \gamma)^{239}U$, $^{239}U \rightarrow {}^{239}Np + {}_{-1}^{0}e$ $^{239}Np \rightarrow {}^{239}Pu + {}_{-1}^{0}e$	Накапливается в процессе работы ядерного реактора, использующего в качестве горючего природный уран
Прометий	^{147}Pm	—	Выделяется из смеси продуктов деления, находящихся в отработавших твэлах

* Для промышленного производства искусственных радиоактивных изотопов чаще всего используется метод облучения мишеней нейтронами в ядерных реакторах. Однако этим методом нельзя получить ряд ценных в практическом отношении изотопов, и их изготовляют бомбардировкой мишеней ускоренными в циклотронах заряженными частицами (дейтронами, протонами и альфа-частицами). Радиоизотопы выделяют и из «отходов» ядерного горючего — из отработавших в реакторах тепловыделяющих элементов (их сокращенно называют твэлами).

Название элемента	Символ радиоактивного изотопа	Реакция получения изотопа	Метод получения радиоактивного изотопа
Селен	^{75}Se	$^{74}Se\,(n,\,\gamma)\,^{75}Se$ $^{75}As\,(d,\,2n)\,^{75}Se$ $^{75}As\,(p,\,n)\,^{75}Se$ $^{73}Ge\,(\alpha,\,2n)\,^{75}Se$	Облучение природного селена в реакторе; облучение мышьяка дейтронами или протонами; облучение германия альфа-частицами
Сера	^{35}S	$^{35}Cl\,(n,\,p)\,^{35}S$	Облучение мишени из соединений хлора (например, KCl) нейтронами
Стронций	^{90}Sr	—	Изотоп выделяется из смеси продуктов деления, содержащихся в отработавших твэлах
Сурьма	^{124}Sb	$^{123}Sb\,(n,\,\gamma)\,^{124}Sb$	Облучение в реакторе природных соединений сурьмы
Таллий	^{204}Tl	$^{203}Te\,(n,\,\gamma)\,^{204}Tl$	Облучение в реакторе природного таллия
Тритий	^{3}H (T)	$^{6}Li\,(n,\,\alpha)\,^{3}H$ $^{9}Be\,(d,\,2\alpha)\,^{3}H$	Облучение мишеней, содержащих литий, в реакторе
Тулий	^{170}Tm	$^{169}Tm\,(n,\,\gamma)\,^{170}Tm$	Облучение природного тулия в реакторе
Углерод	^{14}C	$^{14}N\,(n,\,p)\,^{14}C$	Облучение в реакторе мишеней, содержащих неорганические соединения азота ($Ca(NO_3)_2$, Be_3N_2 и др.)
Фосфор	^{32}P	$^{31}P\,(n,\,\gamma)\,^{32}P$ $^{32}S\,(n,\,p)\,^{32}P$	Облучение в реакторе мишени из оксида фосфора (V) или мишени из серы
Цезий	^{134}Cs	$^{133}Cs\,(n,\,\gamma)\,^{134}Cs$	Облучение в реакторе мишеней, содержащих природные соединения цезия
Цезий	^{137}Cs	—	Изотоп выделяют из смеси продуктов деления, содержащихся в отработавших твэлах
Церий	^{144}Ce	—	То же
Цинк	^{65}Zn	$^{64}Zn\,(n,\,\gamma)\,^{65}Zn$ $^{65}Cu\,(d,\,2n)\,^{65}Zn$	Изотоп получают облучением природного цинка в реакторе или бомбардировкой меди пучком дейтронов на циклотроне

Примечание. Данные о свойствах и применениях указанных в таблице радиоактивных изотопов см. в табл. 312.

312. Свойства и применение радиоактивных изотопов

В таблице приведены сведения о некоторых радиоактивных изотопах, получивших широкое применение в различных областях науки, техники, производства, медицины, сельского хозяйства.

Название элемента	Символ изотопа	Период полураспада изотопа	Максимальное значение энергии излучения, МэВ		Применение изотопа
			β	γ	
Европий	^{152}Eu	12,7 лет	1,49	1,41	Гамма-дефектоскопия
»	^{154}Eu	16 лет	1,85	1,28	Гамма-дефектоскопия
Железо	^{59}Fe	45,6 сут	1,57	1,29	Изучение износа трущихся деталей, коррозии железа и стали, измерение скорости кроветока в организмах, исследование работы желез внутренней секреции, исследование процессов плавления руды
Иод	^{131}I	8 сут	0,81	0,72	Диагностика и терапия заболеваний щитовидной железы
Иридий	^{192}Ir	74 сут	0,67	0,61	Гамма-дефектоскопия, научные исследования
Иттрий	^{90}Y	64 ч	2,26	—	Толщинометрия, радиационно-химические исследования
Калий	^{42}K	12,4 ч	3,52	1,52	Изучение взаимодействия почвы и удобрений, процессов усвоеиия растениями питательных элементов из минеральных удобрений
Кальций	^{45}Ca	165 сут	0,25	—	Изучение обмена веществ в организмах, изучение питания растений при использовании различных удобрений
Кюрий	^{244}Cm	17,6 года	5,8 (альфа-излучение)	0,15	Изотопные термоэлектрические генераторы
Кобальт	^{60}Co	5,26 года	0,31	1,33	Гамма-дефектоскопия; гамма-облучение в сельском хозяйстве; определение толщины изделий, плотности материалов; изучение износа деталей машин и режущего инструмента; терапия злокачественных образований и воспалительных процессов
Марганец	^{54}Mn	303 сут	—	0,83	Исследования в области металлургии
Натрий	^{22}Na	2,6 года	1,82	0,51	Изучение обмена веществ, определение скорости кроветока в организме, исследования в области физики твердого тела, исследования скорости проникновения соли в мясные продукты в процессе посолки
Олово	^{113}Sn	115 сут	—	0,26	Изучение износа антифрикционных сплавов
Плутоний	^{238}Pu	86 лет	5,5 (альфа-излучение)	—	Изотопные термоэлектрические генераторы
Плутоний	^{239}Pu	$2,44 \cdot 10^4$ лет	5,15 (альфа-излучение)	0,38	Ядерное топливо; ионизация воздуха для снятия зарядов статического электричества
Прометий	^{147}Pm	2,62 года	0,22	—	Изотопные источники электро-

Продолжение

Название элемента	Символ изотопа	Период полураспада изотопа	Максимальное значение энергии излучения МэВ		Применение изотопа
			β	γ	
					энергии, ионизация воздуха для снятия зарядов статического электричества
Селен	^{75}Se	120 сут	—	0,40	Гамма-дефектоскопия
Сера	^{35}S	87,9 сут	0,17	—	Исследование изнашиваемости подшипниковых сплавов; определение толщины слоя жидкостей; изучение обмена веществ в организме; изучение механизма перемещения влаги в процессе сушки пищевых продуктов
Стронций	^{90}Sr	27,7 года	0,55	—	Определение и контроль толщины листов бумаги, целлофана, фольги; местная ионизация воздуха; изотопные термоэлектрические генераторы, терапия глазных болезней
Сурьма	^{124}Sb	61 сут	2,31	2,01	Изучение износа подшипниковых сплавов; приборы технологического контроля
Таллий	^{204}Ta	3,81 года	0,76	—	Изучение износа деталей; определение толщины фольги
Тритий	$^{3}H(T)$	12,26 года	0,019	—	Ионизация воздуха для снятия зарядов статического электричества; изучение кристаллического строения сварных швов
Тулий	^{170}Tm	130 сут	0,97	0,08	Гамма-дефектоскопия; приборы технологического контроля
Углерод	^{14}C	5730 лет	0,16	—	Исследование процесса обмена веществ и фотосинтеза; приборы контроля технологических процессов
Фосфор	^{32}P	14 сут	1,71	—	Исследование процессов усвоения растениями питательных веществ из удобрений и обмена веществ в организме; терапия болезней крови; наблюдение за ростом корневой системы растений
Цезий	^{134}Cs	2 года	0,66	1,36	Гамма-дефектоскопия
Цезий	^{137}Cs	30 лет	1,18	0,66	Гамма-дефектоскопия; установки для гамма-облучения в сельском хозяйстве; изотопные термоэлектрические генераторы
Церий	^{144}Ce	284 сут	0,32	0,13	Изотопные термоэлектрические генераторы; гамма-дефектоскопия
Цинк	^{65}Zn	245 сут	0,33	1,12	Изучение износа деталей машин (шеек коленчатых валов, поршневых колец двигателей внутреннего сгорания и др.)

Примечание. Сведения о получении радиоактивных изотопов см. в табл. 311.

313. Толщина просвечивания некоторых материалов радиоактивными изотопами при гамма-дефектоскопии

Источник излучения (изотоп)	Толщина просвечиваемого материала, мм				
	Сплавы на основе				Пластмассы и подобные им по плотности материалы
	железа	титана	алюминия	магния	
Европий-152 и Европий-154 (^{152}Eu и ^{154}Eu)	0,5—6,0	1—10	3—30	7—75	—
Селен-75 (^{75}Se)	5—30	7—50	20—200	30—250	70—300
Иридий-192 (^{192}Ir) . . .	10—60	15—100	45—250	65—300	120—400
Кобальт-60 (^{60}Co) . . .	30—200	60—340	190—550	280—820	300—850
Тулий-170 (^{170}Tm) . . .	1—20	2—40	5—70	20—170	50—250
Цезий-137 (^{137}Cs) . . .	15—20	20—200	50—400	100—550	150—600

Примечание. Для просвечивания изделий, имеющих большую толщину, используется излучение, даваемое бетатронами. Максимальная толщина изделий, просвечиваемых в этом случае (для бетатрона на энергию 15 МэВ), достигает для железа (стали) 500—600 мм, титана и его сплавов — 800 мм, магния и его сплавов — 2000 мм.

314. Пищевые продукты, подвергаемые радиационной обработке

В таблице перечисляются продукты, которые разрешено подвергать радиационной обработке, и указывается для каждого из этих продуктов цель облучения. Названные продукты разрешены Министерством здравоохранения СССР для употребления в пищу после радиационной обработки.

Продукт, который разрешено подвергать облучению	Цель облучения
Картофель	Подавление прорастания клубней
Зерно	Дезинсекция (уничтожение сельскохозяйственных вредителей)
Сушеные фрукты, сухие пищевые концентраты	То же
Свежие плоды и ягоды	Подавление микроорганизмов для удлинения сроков хранения
Сырые мясные полуфабрикаты из говядины, свинины, упакованные в пленки	То же
Потрошеные битые куры, упакованные в пленки	То же
Репчатый лук	Подавление прорастания

315. Энергия связи ядер

В таблице приведены значения энергии связи и удельной энергии связи* для ядер некоторых элементов.

* Удельная энергия связи нуклона в ядре равна $\frac{E_{св}}{A}$, где A — массовое число (число нуклонов в ядре), а $E_{св}$ — энергия связи ядра.

Порядковый номер элемента	Название химического элемента	Символ изотопа	Энергия связи ядра, МэВ	Удельная энергия связи ядра, МэВ/нуклон
1	Водород	^{1}H	—	—
		^{2}H или D	2,22452	1,112
		^{3}H или T	8,4819	2,827
2	Гелий	^{3}He	7,71808	2,574
		^{4}He	28,2961	7,074
		^{5}He	27,338	2,468
		^{6}He	29,2656	4,876
3	Литий	^{5}Li	26,331	5,266
		^{6}Li	31,9929	5,332
		^{7}Li	39,2454	5,606
		^{8}Li	41,2780	5,160
4	Бериллий	^{8}Be	56,4975	7,619
5	Бор	^{10}B	64,9776	6,475
6	Углерод	^{11}C	73,4428	6,676
		^{12}C	92,1626	7,680
		^{13}C	97,1094	7,470
		^{14}C	105,2856	7,052
7	Азот	^{14}N	104,6593	7,433
8	Кислород	^{16}O	127,6200	7,9761
10	Неон	^{20}Ne	160,6438	8,032
20	Кальций	^{40}Ca	342,0562	8,551
26	Железо	^{56}Fe	492,262	8,791
28	Никель	^{62}Ni	545,269	8,794
36	Криптон	^{82}Kr	714,279	8,710
42	Молибден	^{95}Mo	821,633	8,648
57	Лантан	^{139}La	1164,760	8,379
78	Платина	^{196}Pt	1553,604	7,937
83	Висмут	^{209}Bi	1640,250	7,848
90	Торий	^{232}Th	1766,641	7,614
92	Уран	^{238}U	1801,726	7,570
94	Плутоний	^{239}Pu	1806,950	7,560
100	Фермий	^{254}Fm	1891,023	7,445
101	Менделевий	^{255}Md	1894,860	7,431

316. Критическая масса делящихся материалов

В таблице приведены примерные значения критической массы $m_к$ тел сферической формы из делящихся материалов и соответствующий радиус $r_к$ критической массы.

Делящийся материал	$m_к$, кг	$r_к$, см	Делящийся материал	$m_к$, кг.	$r_к$, см
Уран-233	16	6	Плутоний-239 . . .	17	6
Ураи-235	48	8,5			

Примечание. При применении отражателей нейтронов критическая масса уменьшается и может быть в 2—3 раза меньше значений масс, приведенных в таблице.

317. Энергетический баланс деления ядра урана-235

Вид энергии	Энергия		Доля от общего количества высвобождающейся энергии деления, %
	пДж	МэВ	
Кинетическая энергия осколков деления	26,9	168	83,5
Кинетическая энергия нейтронов деления	0,8	5	2,5
Энергия радиоактивного излучения продуктов деления	2,9	18	9,0
Энергия нейтрино, испускаемых продуктами деления	1,6	10	5,0
Всего	32,2	201	100

Примечание. При делении одного ядра урана-235 освобождается энергия, примерно равная 201 МэВ, из них около 190 МэВ переходит в тепло. Нейтрино в основном рассеиваются (поглощаются крайне незначительно), и поэтому их энергия не может быть использована для энергетических целей.

318. Термоядерные реакции

В таблице приведены некоторые реакции слияния (синтеза) легких атомных ядер в более тяжелые, происходящие при очень высоких температурах ($\approx 10^7$ °C и выше). Термоядерные реакции являются, как правило, процессами образования более плотно упакованных ядер и сопровождаются выделением энергии, что обусловливает их важность для ядерной и прикладной физики, астрофизики и др.

Реакция	Энерговыделение при реакции, МэВ	Реакция	Энерговыделение при реакции, МэВ
${}^1_1H + {}^1_1H \rightarrow {}^2_1D + {}_1e^+ + \nu$	2,2	${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^3_1T + {}^1_1H$	18,3
${}^1_1H + {}^2_1D \rightarrow {}^3_3He + \gamma$	5,5	${}^3_2He + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + 2{}^1_1H$	12,8
${}^1_1H + {}^3_1T \rightarrow {}^4_2He + \gamma$	19,7	${}^6_3Li + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He + {}^3_1T$	4,8
${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^3_2He + {}^1_0n$	4,0	${}^6_3Li + {}^1_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^3_2H$	4,0
${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^4_2He + \gamma$	24,0	${}^6_3Li + {}^2_1D \rightarrow {}^7_3Li + {}^1_1H$	5,0
${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^3_1T + {}^1_1H$	4,0	${}^7_3Li + {}^1_1H \rightarrow 2{}^4_2He$	17,3
${}^2_1D + {}^3_1T \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$	17,6	${}^7_3Li + {}^2_1D \rightarrow 2{}^4_2He + {}^1_0n$	15,0
${}^3_1T + {}_1T \rightarrow {}^4_2He + 2{}^1_0n$	11,3	${}^6_3Li + {}^2_1D \rightarrow 2{}^4_2He$	22,4

319. Биологическое действие ионизирующего излучения на человека

В результате действия ионизирующего излучения на организм человека в тканях происходят сложные процессы: нарушается обмен веществ, нормальное течение биохимических реакций и др. В таблице приведены ориентировочные данные о последствиях единовременного радиационного облучения всего тела человека.

Доза облучения		Последствия облучения	Доза облучения		Последствия облучения
Зв*	бэр		Зв	бэр	
До 0,25	до 25	Никаких изменений в органах и тканях человека не обнаруживается	2	200	Долговременное снижение количества лейкоцитов
0,5	50	Временное снижение количества лейкоцитов	4	400	Лучевая болезнь средней тяжести, смертность — до 60%
0,75	75	Незначительное изменение состава крови	4,5	450	Тяжелая степень лучевой болезни
1	100	Нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни (тошнота, рвота и др.)	6	600	Крайне тяжелая форма лучевой болезни, смертность — до 90%
1,5	150	Смертность 5%	>6	>600	Смертность 100%

Примечание. При облучении не всего организма, а только отдельных его участков организм может перенести значительно большие дозы облучения**. Значения эквивалентной дозы ионизирующего излучения, вызывающей смертельный исход для отдельных частей тела равны: голова — 20, грудная клетка — 100, конечности — 200 Зв. При облучении, например, эквивалентной дозой 5 Зв участка тела площадью 6 $см^2$ заметного поражения организма в целом не наблюдается, тогда как действие излучения такой же эквивалентной дозы на все тело приводит в 50% случаев к гибели человека. По норме, утвержденной Министерством здравоохранения СССР, максимальная доза облучения человека за 70 лет его жизни не должна превышать 0,35 Зв (35 бэр).

* Для рентгеновского и гамма-излучений поглощенная доза равна эквивалентной дозе: 1 Зв = 1 Гр.

** На этом, в частности, базируется лучевая терапия злокачественных новообразований, при которой опухоли облучают дозами от 5 до 80 Зв (5—80 Гр) для их разрушения или подавления роста.

320. Полулетальная поглощенная доза* для некоторых живых организмов

Дозы излучения, приводящие к гибели объектов, различаются в очень широких пределах. В таблице приведены ориентировочные данные о радиочувствительности разных организмов к одноразовому рентгеновскому или гамма-облучению.

Организм	$ЛД_{50/30}$		Организм	$ЛД_{50/30}$	
	Гр	рад		Гр	рад
Овца	1,5—2,0	150—200	Птицы	8—12	800—1200
Собака	2,5—3,0	250—300	Рыбы, змеи	8—20	800—2000
Свинья	2,75	275	Черепаха	15	1500
Обезьяна	2,5—4,0	250—400	Улитка	100	10 000
Мышь	6—13	600—1300	Дрозофила	600	60 000
Лягушка	7	700	Амеба	1000	100 000
Крыса	7—9	700—900	Насекомые	1000—3000	100 000—300 000
Кролик	9—10	900—1000			

Примечание. При кратковременном («остром») облучении всего тела человека средняя полулетальная поглощенная доза составляет 3—4 Гр, а летальная — 5—6 Гр (см. табл. 319)

* Полулетальная поглощенная доза радиационного облучения (обозначается $ЛД_{50/30}$) вызывает гибель 50% облученных живых организмов за тридцатисуточный срок.

321. Уровень радиационного облучения населения

В таблице приведены данные о средних годовых индивидуальных дозах облучения населения страны от различных источников ионизирующих излучений (данные относятся к 1980—1981 гг.).

Источник облучения	Эквивалентная доза, мкЗв/год	Эквивалентная доза, мбэр/год	Источник облучения	Эквивалентная доза, мкЗв/год	Эквивалентная доза, мбэр/год
Природные источники (естественный радиационный фон):					
внешние	620	62	Теплоэлектростанция на угле мощностью 1000 МВт (на расстоянии до 20 км)	6—60	0,6—6
внутренние	380	38			
Строительные материалы минерального происхождения (облучение за счет пребывания в зданиях)	1050	105	Атомная электростанция мощностью 1000 МВт (на расстоянии до 20 км)	0,1—1	0,01—0,1
Медицинская рентгенодиагностика (рентгенография, флюорография и др.)	1400	140	Телевидение (4 ч в день)	10	1
			Полет на самолете (на расстояние 2000 км)	5	0,5
Радиоактивные продукты ядерных взрывов	23	2,3			
			Итого	3500	350

Примечания. 1. Для населения СССР, как и для населения других промышленно развитых стран, средняя индивидуальная эквивалентная доза облучения за счет всех источников излучения составляет примерно 3500 мкЗв в год. Многочисленные и многолетние наблюдения показывают, что длительное облучение населения с указанной мощностью дозы никаких неблагоприятных сдвигов в организме человека не вызывает. Накапливаемая в течении всей жизни доза, обусловленная естественым радиационным фоном, пребыванием в помещениях, медицинскими диагностическими процедурами, составляет примерно 0,25—0,28 Зв (25—28 бэр).

2. Источником внешнего облучения человека являются космическое излучение и естественные радионуклиды, находящиеся в почве, воздухе, горных породах. Средняя доза облучения за счет космического излучения составляет около 300 мкЗв в год, а за счет естественных радионуклидов — 210 мкЗв в год. Источниками внутреннего облучения служат радионуклиды семейства урана и тория, а также радионуклиды ^{40}K, ^{14}C и др., которые поступают в организм с пищей, водой, воздухом. Они формируют эквивалентную дозу около 370 мкЗв в год.

3. Эквивалентная доза радиации, полученная космонавтами при космических полетах, составляла: экипаж корабля «Союз-26» (3-месячный полет) — 0,031 Зв (3,1 бэр), «Союз-35» (6-месячный полет) — 0,04 Зв (4 бэр), «Союз Т-4» (2,5-месячный полет) — 0,016 Зв (1,6 бэр) и т. д.

322. Пробег α-частиц в различных веществах

Радиоактивный изотоп	Период полураспада радиоактивного изотопа	Энергия частицы, МэВ	Длина пробега частицы, см: в воздухе	Длина пробега частицы, см: в мягкой биологической ткани
^{210}Po	138,4 сут	5,3	3,8	0,0045
^{212}Po	$3\cdot10^{-7}$ с	8,8	8,6	0,0105
^{226}Ra	1662 года	4,8	3,3	0,0040
^{222}Rn	3,83 сут	5,5	4,0	0,0049
^{232}Th	$1,4\cdot10^{10}$ лет	4,0	2,5	0,0031
^{238}U	$4,5\cdot10^{9}$ лет	4,2	2,7	0,0034
^{239}Pu	$2,4\cdot10^{4}$ лет	5,2	3,7	0,0043

323. Пробег β-частиц в различных веществах

Радиоактивный изотоп	Период полураспада радиоактивного изотопа	Энергия частицы, МэВ	Длина пробега частицы, см		
			в воздухе	в мягкой биологической ткани	в алюминии
^{14}C	5530 лет	0,155	22	0,02	0,008
^{32}P	14,3 сут	1,71	610	0,92	0,01
^{35}S	87,9 сут	0,167	28	0,02	0,01
^{45}Ca	165 сут	0,255	47	0,06	0,02
^{60}Co	5,26 года	0,310	62	0,09	0,029
^{204}Tl	3,56 года	0,76	217	0,35	0,11

324. Защитное действие от ионизирующего излучения сооружений и материалов

В таблице приводятся ориентировочные данные о степени ослабления различными постройками и материалами проникающего ионизирующего излучения. Числа показывают, во сколько раз ослабляется интенсивность излучения некоторыми сооружениями и материалами по сравнению с первоначальной интенсивностью.

Специальные убежища	практически полностью
Деревянный дом	4—10
Каменный дом	10—50
Погреба и подвалы деревянных домов	50—100
Землянки (перекрытие — слой земли толщиной 60—90 см)	200—300
Кирпичная кладка толщиной 50 см	10
Кирпичная кладка толщиной 80 см	100
Плита из обычного бетона толщиной 32 см	10
Плита из обычного бетона толщиной 55 см	100
Стальная плита толщиной 9,3 см	10
Стальная плита толщиной 16 см	100
Свинцовая плита толщиной 4,5 см	10
Свинцовая плита толщиной 8,5 см	100

325. Ядерное сечение некоторых веществ

В таблицах приведены значения площади эффективного ядерного сечения ядерных взаимодействий для некоторых веществ. Эффективное ядерное сечение (слово «эффективное» часто опускается) характеризует вероятность осуществления ядерной реакции между нейтронами и ядрами атомов и выражается в барнах (см. табл. 299).

Некоторые из указанных ниже веществ получили широкое применение в ядерной технике в качестве конструкционных материалов (из них изготовляются различные части и детали ядерного реактора — оболочки тепловыделяющих элементов, кассет, трубопроводы и др.), а также в качестве теплоносителей, замедлителей, сильных поглотителей нейтронов (указанные применения веществ обозначены соответственно буквами «к», «т», «з», «п»).

В первой таблице приведены значения ядерного сечения поглощения (захвата), во второй — значения ядерного сечения деления некоторых тяжелых изотопов элементов.

Вещество	Ядерное сечение поглощения, σ
Азот (т)	1,88
Алюминий (к)	0,23
Америций-241	620
Бериллий (з)	0,01
Бор (п)	769
Ванадий (к)	5,1
Висмут жидкий (т)	0,032
Вода (з, т)	0,066
Вода тяжелая (з, т)	0,001
Вольфрам (к)	19,2
Гелий (т)	0,005
Графит (для реакторов, з)	0,0045
Железо	2,53
Индий	190
Иридий	430
Кадмий (п)	2550
Калий (жидкий) (т)	1,97
Кальций	0,43
Кислород	0,0002
Криптои	28
Ксенон	35
Ксенон-135	$1{,}6 \cdot 10^6$
Литий жидкий (т)	71
Магний (к)	0,063
Медь	3,69
Молибден (к)	2,4
Натрий жидкий (т)	0,515
Неон	<2,8
Никель (к)	4,6
Ниобий (к)	1,2
Оксид углерода (IV) (т)	0,00
Олово	0,60
Органические жидкости (дифенил, трифенил и др.) (т)	≈0,03
Осмий	14,7
Платина	8,1
Плутоний-239	1025
Ртуть (т)	38
Самарий-149	$6{,}6 \cdot 10^4$
Самарий	5500
Свинец жидкий (т)	0,17
Сера	0,49
Серебро	62
Сплав (в жидком состоянии) натрия с калием (т)	1,7
Сплав (в жидком состоянии) свинца с висмутом (т)	9,56
Сталь (к)	2,5—3,0
Стронций	1,16
Тантал (к)	21,3
Титан (к)	5,8
Уран	7,68
Уран-233	588
Уран-235	694
Ураи-238	2,75
Хром	2,09
Цинк	1,07
Цирконий (к)	0,18

Изотоп	Ядерное сечение деления, σ
Америций-241	3,2
Америций-242	3500
Калифорний-249	600
Кюрий-245	1800
Плутоний-239	738
Плутоний-241	1090
Торий-229	4,5
Торий-232	$2 \cdot 10^{-4}$
Уран-233	532
Уран-235	580
Уран-238	$<5 \cdot 10^{-4}$

Примечание. Значения ядерного сечения даны для тепловых нейтронов; с увеличением скорости нейтронов ядерное сечение уменьшается.

326. Слой половинного ослабления излучения

В таблице приведены ориентировочные значения толщин слоев некоторых сред (материалов), ослабляющих ионизирующее излучение в два раза.

Среда (материал)	Толщина слоя половинного ослабления, см	
	гамма-излучение	нейтронное излучение
Бетон	10	12
Вода	23	3
Грунт	14	12
Дерево	30	10
Свинец	2	9
Снег	50	—
Сталь (броня)	3	5

Примечание. Зная толщину слоя половинного ослабления данной среды, можно определить толщину слоя, ослабляющего излучение в заданное число раз. Один слой половинного ослабления уменьшает дозу излучения в 2 раза, два слоя — в 4 раза, а n слоев — в 2^n раз. Чтобы ослабить дозу излучения, например, в 256 раз, нужно взять столько слоев половинного ослабления n, чтобы $2^n=256$, т. е. $n=8$.

327. Условная классификация нейтронов по энергии

Нейтроны	Энергия E, эВ	Скорость* v, м/с	Средняя длина волны де Бройля, м	Средняя температура** $T_{ср}$, К
Быстрые	$>10^5$	$>1{,}4\cdot10^7$	10^{-14}	10^{10}
Медленные:				
промежуточные	10^4-10^5	$1{,}4\cdot10^6$	$3\cdot10^{-13}$	10^8
резонансные	$0{,}5-10^4$	$1{,}4\cdot10^5$	$3\cdot10^{-12}$	10^6
Тепловые	$0{,}5-5\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^3$	$2\cdot10^{-10}$	300
Холодные	$5\cdot10^{-3}-10^{-7}$	$4{,}4\cdot10^2$	$9\cdot10^{-10}$	10
Ультрахолодные	10^{-7}	4,4	$9\cdot10^{-8}$	10^{-2}

* Скорость определяется из соотношения $E=mv^2/2$.

** $T_{ср}$ определяется из условия $E=kT$.

328. Основные элементарные частицы

Частицы	Обозначение: частицы	Обозначение: античастицы	Масса в массах электрона	Масса в МэВ	Заряд (в элементарных зарядах): частицы	Заряд: античастицы	Время жизни, с
Фотон, гамма-квант	γ		0		0		Стабильны
Лептоны							
Электрон, позитрон	e^-	e^+	1	0,511	−1	+1	Стабильны
Электронное нейтрино	ν_e	$\tilde{\nu}_e$	0(?)	0(?)	0		Стабильны
Мюон	μ^-	μ^+	207	106	−1	+1	$2{,}2\cdot10^6$
Мюонное нейтрино	ν_μ	$\tilde{\nu}_\mu$	0(?)	0(?)	0		Стабильны
τ-лептон	τ^-	τ^+	3487	1782	−1	+1	$3{,}4\cdot10^{-13}$
τ-нейтрино	ν_τ	$\tilde{\nu}_\tau$	<128	<250	0		?
Мезоны							
π-нуль-мезон	π^0		264	135	0		$0{,}83\cdot10^{-16}$
π-плюс-мезон	π^+	π^-	274	140	+1	−1	$2{,}6\cdot10^{-8}$
K-нуль-мезон	K^0	$\tilde{K}^0$	975	498	0		K_S^0 $0{,}89\cdot10^{-10}$ K_L^0 $5{,}2\cdot10^{-8}$
K-плюс-мезон	K^+	K^-	267	494	+1	−1	$1{,}2\cdot10^{-8}$
η-мезон	η		1074	549	0		$7\cdot10^{-19}$
D-плюс-мезон	D^+	D^-	3656	1868	+1	−1	$8\cdot10^{-13}$
D-нуль-мезон	D^0	$\tilde{D}^0$	3646	1863	0		$4\cdot10^{-13}$
Барионы							
Протон	p	$\tilde{p}$	1836,1	238,3	+1	−1	Стабильны
Нейтрон	n		1838,6	239,6	0		918*
λ-гиперон	λ	$\tilde{\lambda}$	2184	1116	0		$2{,}6\cdot10^{-10}$
Σ-плюс-гиперон	Σ^+	$\tilde{\Sigma}^+$	2328	1189	+1	−1	$0{,}8\cdot10^{-10}$
Σ-нуль-гиперон	Σ^0	$\tilde{\Sigma}^0$	2334	1192	0		$5{,}8\cdot10^{-20}$
Σ-минус-гиперон	Σ^-	$\tilde{\Sigma}^-$	2343	1197	−1	+1	$1{,}5\cdot10^{-10}$
Ξ-нуль-гиперон	Ξ^0	$\tilde{\Xi}^0$	2573	1315	0		$2{,}9\cdot10^{-10}$
Ξ-минус-гиперон	Ξ^-	$\tilde{\Xi}^-$	2586	1321	−1	+1	$1{,}6\cdot10^{-10}$
Ω-минус-гиперон	Ω^-	$\tilde{\Omega}^-$	3273	1672	−1	+1	$0{,}8\cdot10^{-10}$

* Время жизни указано для свободных нейтронов. Для нейтронов, входящих в стабильные ядра, время жизни равно бесконечности.

329. Продукты распада нестабильных элементарных частиц

Элементарная частица	Продукты распада	Элементарная частица	Продукты распада	Элементарная частица	Продукты распада
μ^-	$e^-\nu_e\nu_\mu$	K^+	$\mu^+\nu_\mu$	D^0	$K^-\pi^+\pi^0$
μ^+	$e^+\tilde{\nu}_e\nu_\mu$		$\pi^+\pi^0$	n	$pe^-\tilde{\nu}_e$
τ^-	$e^-\nu_e\nu_\tau$		$\pi^+\pi^+\pi^-$	λ	$p\pi^-$
	$\mu^-\nu_\mu\nu_\tau$	η	$\gamma\gamma$		$n\pi^0$
	$\pi^-\nu_\tau$		$\pi^+\pi^-\pi^0$	Σ^+	$p\pi^0$
π^0	$\gamma\gamma$		$\pi^0\pi^0\pi^0$		$n\pi^+$
	$e^+e^-\gamma$	D^+	K^0X*	Σ^0	
π^+	$\mu^+\nu_\mu$		K^0X	Σ^-	$n\pi^-$
K^0	K_s^0: $\pi^+\pi^-$		e^+X	Ξ^0	$\lambda\pi^0$
	$\pi^0\pi^0$		K^-X	Ξ^-	$\lambda\pi^-$
	K_L^0: $\pi^+e^-\tilde{\nu}_e$		$K^0\pi^+\pi^0$	Ω^-	λK^-
	$\pi^+\mu^-\tilde{\nu}_\mu$	D^0	K^-X		$\Xi^0\pi^-$
	$\pi^0\pi^0\pi^0$		K^0X		$\Xi^-\pi^0$
	$\pi^+\pi^-\pi^0$		K^0X		

* Буквой «X» обозначены другие частицы.

330. Характеристики кварков и антикварков

Тип («аромат») кварка	Электрический заряд	Барионный заряд	Спин	«Странность»	«Очарование»	«Красота» или «прелесть»	«Цвет»
u	+2/3	+1/3	1/2	0	0	0	Желтый, синий, красный
d	−1/3	+1/3	1/2	0	0	0	То же
s	−1/3	+1/3	1/2	−1	0	0	То же
c	+2/3	+1/3	1/2	0	+1	0	То же
b	−1/3	+1/3	1/2	0	0	+1	То же
t	+2/3	+1/3	1/2	0	0	0	То же
$\tilde{u}$	−2/3	−1/3	1/2	0	0	0	Фиолетовый, оранжевый, зеленый
$\tilde{d}$	+1/3	−1/3	1/2	0	0	0	То же
$\tilde{s}$	+1/3	−1/3	1/2	+1	0	0	То же
$\tilde{c}$	−2/3	−1/3	1/2	0	−1	0	То же
$\tilde{b}$	+1/3	−1/3	1/2	0	0	−1	То же
$\tilde{t}$	−2/3	−1/3	1/2	0	0	0	То же

Примечание. Система кварков включает кварки шести сортов («ароматов»). Каждый кварк имеет три разновидности, три «цвета» (последние выражают различия в свойстве, определяющем взаимное притяжение и отталкивание кварков, осуществляемое глюонами). В качестве «цветов» для кварка часто выбирают желтый, синий и красный;* смесь «цветов» дает в сумме «нулевой», белый цвет. Антикварки считаются окрашенными соответственно в «антицвета», также дающие в сумме белый цвет («антицвет» желтого — фиолетовый, синего — оранжевый, красного — зеленый). Таким образом, кварки (и антикварки) являются «бесцветными» (белыми).

* В литературе встречаются другие наборы «цветов», приписываемых кварку (например, красный, зеленый, голубой, или красный, зеленый и синий, или красный, желтый и голубой и др.).

331. Кварковая структура мезонов и барионов

Обозначение частицы	Кварковый состав частицы	Масса частицы, ГэВ	Обозначение частицы	Кварковый состав частицы	Масса частицы, ГэВ	Обозначение частицы	Кварковый состав частицы	Масса частицы, ГэВ
Мезоны			Барионы					
π^0	$1/\sqrt{2}\,(u\tilde{u} - d\tilde{d})$	0,135	p	uud	0,938	Ξ^0	uss	1,315
π^+	$u\tilde{d}$	0,14[	$\tilde{p}$	$\tilde{u}\tilde{u}\tilde{d}$	0,938	$\tilde{\Xi}^0$	$\tilde{u}\tilde{s}\tilde{s}$	1,315
π^-	$\tilde{u}d$	0,140	n	udd	0,940	Ξ^-	dds	1,321
K^0	$d\tilde{s}$	0,498	$\tilde{n}$	$\tilde{u}\tilde{d}\tilde{d}$	0,940	$\tilde{\Xi}^-$	$\tilde{d}\tilde{d}\tilde{s}$	1,321
K^0	$\tilde{d}s$	0,498						
K^+	$u\tilde{s}$	0,494	λ	uds	1,116	Ω^-	sss	1,672
K^-	$\tilde{u}s$	0,494	$\tilde{\lambda}$	$\tilde{u}\tilde{d}\tilde{s}$	1,116	$\tilde{\Omega}^-$	$\tilde{s}\tilde{s}\tilde{s}$	1,672
η	$1/\sqrt{6}\,(uu + dd - 2ss)$	0,549	Σ^+	uus	1,189			
D^+	$c\tilde{d}$	1,868	$\tilde{\Sigma}^+$	$\tilde{u}\tilde{u}\tilde{s}$	1,189			
D^-	$\tilde{c}d$	1,868	Σ^0	uds	1,192			
D^0	$\tilde{c}u$	1,863	$\tilde{\Sigma}^0$	$\tilde{u}\tilde{d}\tilde{s}$	1,192			
D^0	$c\tilde{u}$	1,863	Σ^-	dds	1,197			
			$\tilde{\Sigma}^-$	$\tilde{d}\tilde{d}\tilde{s}$	1,197			

Примечание. Каждый барнон состонт из трех кварков (антибарион — из трех антикварков), а мезон — из кварка и антикварка. В состав любого бариона входят кварки различных разновидностей (разлнчных «цветов», см. прнмечание к табл. 330). Так как в барюне перемешаны три основных «цвета», то он является «бесцветным» (белым). Мезоны также «бесцветны»: «цвет» антикварка всегда является дополнительным по отношению к «цвету» кварка в данном мезоне.

332. Модель материи

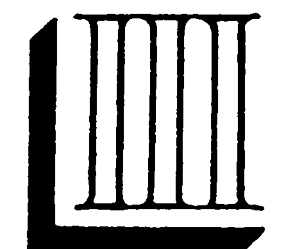
В таблице приведены данные о современной модели строения материи и силах природы. Эта модель предполагает существование трех групп фундаментальных частиц — шести кварков, шести лептонов и бозонов, осуществляющих гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное взаимодействия.

Лептоны				Кварки				
Название	Обозначение	Масса покоя, МэВ	Электрический заряд	Название: международное	Название: русское	Обозначение	Масса покоя, МэВ	Электрический заряд
Электрон	e^-	0,511	−1	up	верхний	u	≈310	+2/3
Электронное нейтрино	ν_e	0(?)	0	down	нижний	d	≈310	−1/3
Мюон	μ^-	106	−1	strange	странный	s	≈505	−1/3
Мюонное нейтрино	ν_μ	0(?)	0	charm	очарованный	c	≈1500	+2/3
Тау-лептон	τ^-	1782	−1	beauty	красивый, прелестный	b	ок. 5000	−1/3
Тау-нейтрино	ν_τ	250	0	top	истинный, правдивый	t	> 22 500	+2/3

Взаимодействие	Радиус действия	Сила на расстоянии 10^{-13} см по сравнению с сильным взаимодействием	Переносчики взаимодействия	Масса покоя, ГэВ	Спин	Электрический заряд	Примечания
Гравитационное	Бесконечно большой	10^{-38}	Гравитон	0	2	0	Гипотетическая частица
Электромагнитное	Бесконечно большой	10^{2}	Фотон	0	1	0	Непосредственно наблюдается
Слабое	Не больше 10^{-16} см	10^{-13}	Промежуточные векторные бозоны	W^{+} — 81 W^{-} — 81 Z^{0} — 93	1 1 1	+1 —1 0	Непосредственно наблюдаются
Сильное	Не больше 10^{-13} см	1	Глюоны	0	1	0	Не наблюдаются в свободном состоянии

Примечания. 1. Кварки в отличие от лептонов в свободном состоянии не наблюдаются и существуют только внутри адронов, всегда входя в состав больших частиц (например, протон состоит из двух u-кварков и одного d-кварка).

2. Глюоны (от английского слова glue — клей) — гипотетические электрически нейтральные частицы, являющиеся переносчиками сильного взаимодействия между кварками. Они переносят «цвет» (см. примечание в табл. 330) от одного кварка к другому, в результате чего кварки удерживаются вместе.



ДАННЫЕ ИЗ СМЕЖНЫХ НАУК

СВЕДЕНИЯ ИЗ АСТРОНОМИИ И ГЕОФИЗИКИ

333. Астрономические знаки

В таблице приведены астрономические знаки, встречающиеся в литературе по астрономии. Эти знаки являются условными обозначениями Солнца, планет и других небесных тел, дней недели и др. Большинство астрономических знаков возникло в глубокой древности и представляет собой схематические изображения небесных тел или символических фигур созвездий.

Знаки небесных светил и дней недели	Знаки зодиака и месяцев
☉ Солнце, а также воскресенье ☾ Луна, » » понедельник ♂ Марс, » » вторник ☿ Меркурий, » » среда ♃ Юпитер, » » четверг ♀ Венера, » » пятница ♄ Сатурн, » » суббота ♁ или ⊕ Земля ♆ или ♆ Нептун ♅ Уран PL или ♇ Плутон ✶ звезда ☄ комета метеор болид ○ полнолуние ● новолуние	Годовой путь Солнца среди звезд (эклиптика) проходит через 12 созвездий, называемых зодиакальными *. В Древней Греции каждому зодиакальному созвездию был присвоен свой определенный знак. Этими же знаками были обозначены и названия месяцев. ♒ Водолей (январь) ♓ Рыбы (февраль) ♈ Овен (март) ♉ Телец (апрель) ♊ Близнецы (май) ♋ Рак (июнь) ♌ Лев (июль) ♍ Дева (август) ♎ Весы (сентябрь) ♏ Скорпион (октябрь) ♐ Стрелец (ноябрь) ♑ Козерог (декабрь)

* Название зодиак (от греч. zoon) связано с тем, что большинство зодиакальных созвездий еще с древних времен носят названия животных.

334. Единицы длины, применяемые в астрономии

Для измерения больших расстояний в астрономии применяют следующие единицы длины: астрономическую единицу, световой год и парсек.

Астрономическая единица (а. е.) — среднее расстояние Земли от Солнца.

Световой год (св. год) — путь, который свет проходит за один тропический год.

Парсек* (пк) — расстояние до звезды, годичный параллакс которой равен одной секунде (или, иначе, расстояние, с которого средний радиус орбиты Земли виден под углом, равным одной секунде).

Ниже приведены соотношения между названными единицами.

Единицы длины	км	а. е.	св. год	пк	кпк	Мпк
Километр	1	$6{,}69\cdot10^{-9}$	$1{,}06\cdot10^{-13}$	$3{,}24\cdot10^{-14}$	$3{,}24\cdot10^{-17}$	$3{,}24\cdot10^{-20}$
Астрономическая единица	$1{,}496\cdot10^{8}$	1	$1{,}58\cdot10^{-5}$	$4{,}85\cdot10^{-6}$	$4{,}85\cdot10^{-9}$	$4{,}85\cdot10^{-12}$
Световой год	$9{,}46\cdot10^{12}$	$6{,}32\cdot10^{4}$	1	$3{,}07\cdot10^{-1}$	$3{,}07\cdot10^{-4}$	$3{,}07\cdot10^{-7}$
Парсек	$3{,}08\cdot10^{13}$	$2{,}06\cdot10^{5}$	3,26	1	10^{-3}	10^{-6}
Килопарсек	$3{,}08\cdot10^{16}$	$2{,}06\cdot10^{8}$	$3{,}26\cdot10^{3}$	10^{3}	1	10^{-3}
Мегапарсек	$3{,}08\cdot10^{19}$	$2{,}06\cdot10^{11}$	$3{,}26\cdot10^{6}$	10^{6}	10^{3}	1

Примечание. 1 а. е. $=1{,}49600\cdot10^{11}$ м $=149\,600\,000$ км;
1 св год $=9{,}4605\cdot10^{15}$ м $=9{,}4605\cdot10^{12}$ км $\approx63239{,}7$ а. е. $\approx0{,}306595$ пк;
1 пк $\approx3{,}0857\cdot10^{16}$ м $=3{,}0857\cdot10^{13}$ км $\approx206\,265$ а. е.

* От слов «параллакс» и «секунда». Годовой параллакс — видимое перемещение светила на небесной сфере, обусловленное перемещением наблюдателя в пространстве вследствие обращения Земли вокруг Солнца.

335. Физические параметры Земли

Экваториальный радиус, км	6378,160
Полярный радиус, км	6356,777
Средний радиус, км	6371,032
Длина окружности экватора, км	40075,696
Площадь поверхности, км^2	$5,10 \cdot 10^8$
Площадь поверхности суши, км^2	$1,49 \cdot 10^8$ (29% земной поверхности)
Площадь водной поверхности, км^2	$3,61 \cdot 10^8$ (71% земной поверхности)
Объем Земли, км^3	$1,083 \cdot 10^{12}$
Масса Земли, кг	$5,976 \cdot 10^{24}$
Отношение массы Земли к массе Солнца	1:332958
Средняя плотность Земли, кг/м^3	5518
Средняя плотность земной коры, кг/м^3	2800
Плотность в центре Земли, кг/м^3	$\approx 12\,500$
Угловая скорость вращения Земли, рад/с	$7,292 \cdot 10^{-5}$
Линейная скорость точки экватора, м/с	465,1
Линейная скорость точки земной поверхности на широте 60°, м/с	223,0
Средняя скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца, км/с	29,76
Период обращения вокруг Солнца, сут	365,26
Наибольшая скорость движения Земли по орбите (в перигелии), км/с	30,27
Наименьшая скорость движения Земли по орбите (в афелии), км/с	29,27
Длина орбиты (т. е. путь Земли за год), км	936 250 000
Ускорение свободного падения на экваторе (на уровне моря), м/с^2	9,78049
Ускорение свободного падения на полюсе (на уровне моря), м/с^2	9,83235
Время полного оборота Земли вокруг своей оси	23 ч 56 мин 4,09 с
Мощность солнечного излучения, падающего на Землю, кВт	$\approx 2 \cdot 10^{14}$*
Давление в центре Земли, ГПа (кгс/см^2)	≈ 353 ($\approx 3,6 \cdot 10^6$)
Масса воды на Земле, кг	$1,4 \cdot 10^{21}$
» атмосферы Земли, кг	$5,16 \cdot 10^{18}$
» земной коры, кг	$2,85 \cdot 10^{22}$
» мантии, кг	$4,913 \cdot 10^{24}$
» ядра Земли, кг	$1,934 \cdot 10^{24}$

* На Землю падает 1/2200000000 часть солнечного излучения. Около 55% этой энергии поглощается атмосферой и земной поверхностью, а около 45% отражается.

Возраст Земли, лет	$\approx 4{,}5 \cdot 10^9$
Сплюснутость земного эллипсоида	1/298,25
Нижняя граница околоземного космического пространства лежит на высоте (от Земли), км	60—65
Верхняя граница околоземного космического пространства лежит на высоте, км	930 000*
Средняя высота суши над уровнем океана, м	875
Наибольшая высота суши над уровнем океана — гора Джомолунгма (Эверест), м	8848
Наибольшая глубина океана (Марианская Впадина, Тихий океан), м	11 022
Вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли, А/м (Э):	
на магнитном экваторе	0 (0)
на магнитных полюсах	55,7 (0,7)
на территории СССР, США и стран Европы	$\approx$39,8—47 ($\approx$0,5—0,6)
в Москве	$\approx$39,8 ($\approx$0,5)
Горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля Земли, А/м (Э):	
на магнитном экваторе	23,9—31,8 (0,3—0,4)
на магнитных полюсах	0(0)
на территории СССР, США и стран Европы	8,0—15,9 (0,1—0,2)
в Москве	15,9 (0,2)
Электрический заряд Земли, Кл	$57 \cdot 10^4$
Напряженность электрического поля в атмосфере Земли, В/м:	
у поверхности Земли	130
на высоте 0,5 км над Землей	50
на высоте 3 км над Землей	30
на высоте 12 км над Землей	2,5
Плотность электрического тока, текущего в вертикальном направлении в атмосфере Земли (ток — результат движения положительных и отрицательных ионов, находящихся в атмосфере), А/см^2	$2 \cdot 10^{-16}$

Примечания. 1. Некоторые параметры Земли приведены также в табл. 337—340.

2. Координаты магнитных полюсов Земли (на 1970 г.); Северное полушарие — $\varphi = 75{,}0 \pm 0{,}5°$ с. ш., $\lambda = 99{,}0 \pm 1{,}0°$ з. д., Южное полушарие — $\varphi = 66{,}5 \pm 0{,}5°$ ю. ш., $\lambda = 140{,}0 \pm 1{,}0°$ в. д.

* См. сноску в табл. 42.

336. Внутреннее строение Земли

Согласно данным сейсмологии, Земля разделяется на три основные области: кору, мантию и ядро. Толщина земной коры изменяется от 10 км в океанических областях до нескольких десятков километров в горных районах; в целом земную кору условно представляют в виде однородного слоя со средней толщиной 33 км.

Ниже коры в интервале глубин 33—2900 км расположена мантия, а центральную часть Земли (слой глубиной от 290 до 6371 км) составляет ядро. Последнее делится на внешнее ядро — слой, состоящий, по-видимому, из расплавленного железа с примесями (он лежит в интервале глубин от 2900 до 5000 км), и на внутренее ядро (твердый слой, лежащий в интервале глубин от 5000 до 6371 км).

Примечание. Данные, характеризующие физические параметры вещества внутри Земли (плотность, давление и температуру), см. в табл. 337 339, 340; значения ускорения свободного падения на различной глубине Земли см. в табл. 338.

337. Плотность вещества Земли на различной глубине

Плотность вещества Земли не является непрерывной функцией глубины. На границе земной коры и мантии, на границе мантии и ядра (см. табл. 336) плотность вещества земных недр меняется скачком. В таблице приведены ориентировочные значения плотности внутренних слоев Земли.

Оболочка	Интервал глубин, км	Интервал плотностей, кг/м³
Земная кора	0—33	2700—3000
Мантия	33—2900	3300—5600
Ядро (внешнее)	2900—5000	10 600—11 500
Ядро (внутреннее)	5000—6371	11 500—12 500

Зависимость плотности ρ вещества внутри Земли от глубины *h* показана на рисунке 6.

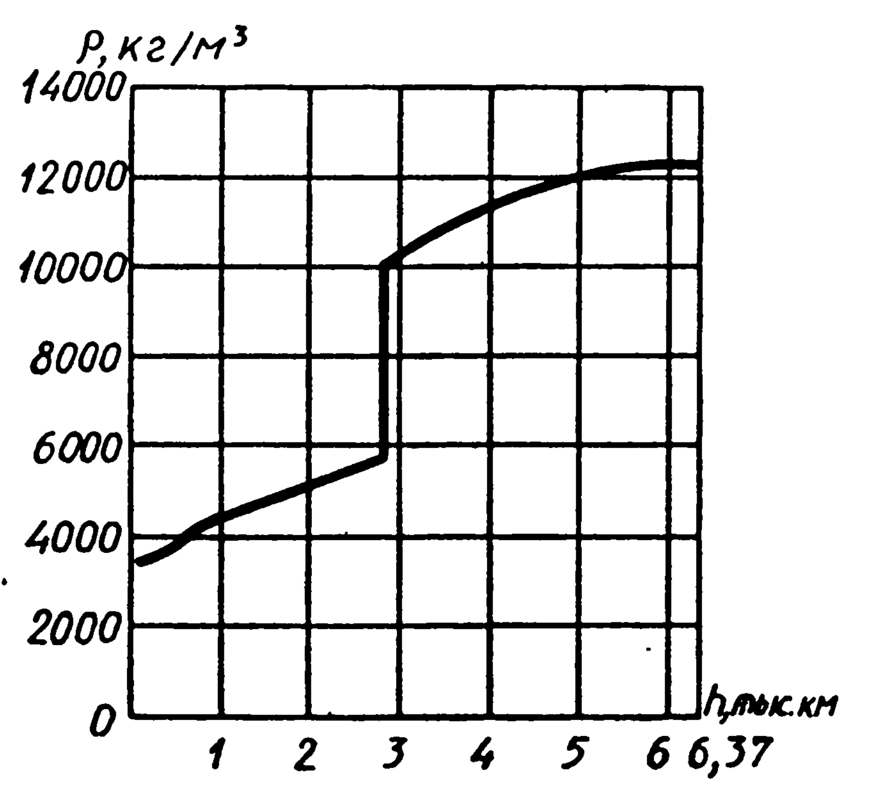


Рис. 6. Плотность вещества Земли на различной глубине.

338. Ускорение свободного падения внутри Земли

Глубина, км	Ускорение свободного падения, м/с²	Глубина, км	Ускорение свободного падения, м/с²	Глубина, км	Ускорение свободного падения, м/с²
0	9,81	800	9,84	3500	9,15
10	9,82	1000	9,90	4000	8,02
33	9,83	1500	9,85	4500	6,90
100	9,86	2000	9,86	5000	6,00
200	9,89	2500	10,05	5500	4,10
300	9,92	2900	10,40	6000	1,70
400	9,94	3000	10,20	6371	0
600	9,95				

Примечание. Данные о свойствах глубинных недр Земли см. также в табл. 337, 339, 340.

Зависимость ускорения свободного падения g от глубины h показана на рисунке 7.

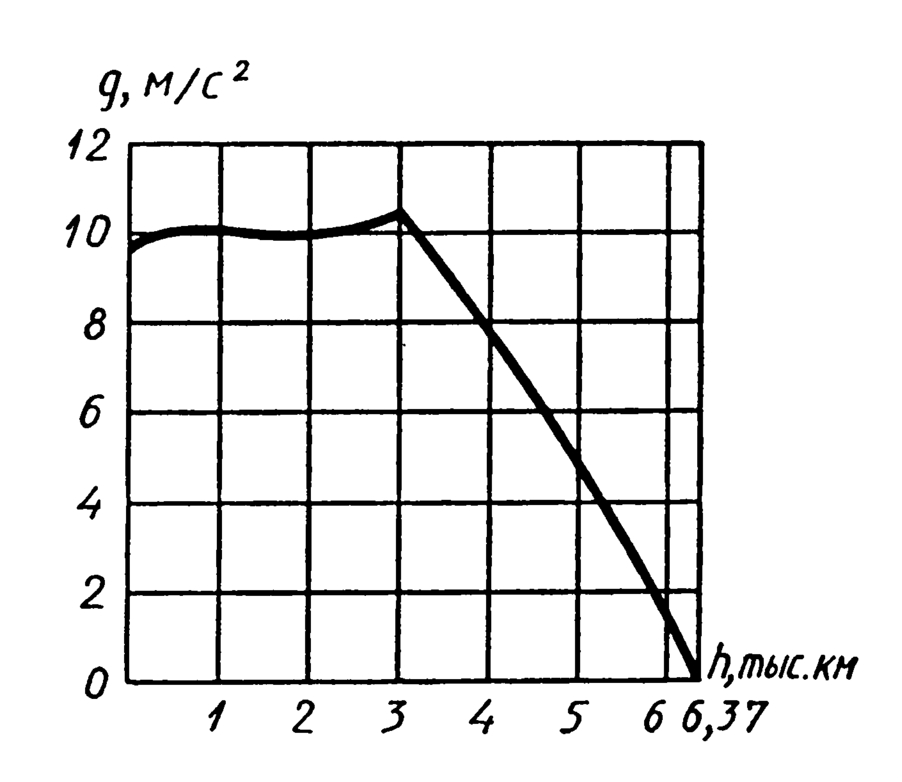


Рис. 7. Ускорение свободного падения в глубине Земли.

339. Давление на различной глубине Земли

Глубина, км	Давление		Глубина, км	Давление	
	ГПа	10⁶ кгс/см²		ГПа	10⁶ кгс/см²
0	0	0	2900	136	1,36
10	0,3	0,003	3000	140	1,4
33	0,9	0,009	4500	280	2,8
100	3	0,03	5000	320	3,2
600	20	0,2	5500	350	3,5
1000	40	0,4	6000	360	3,6
2000	90	0,9	6371	370	3,7

Зависимость давления p вещества Земли от глубины h показана на рисунке 8.

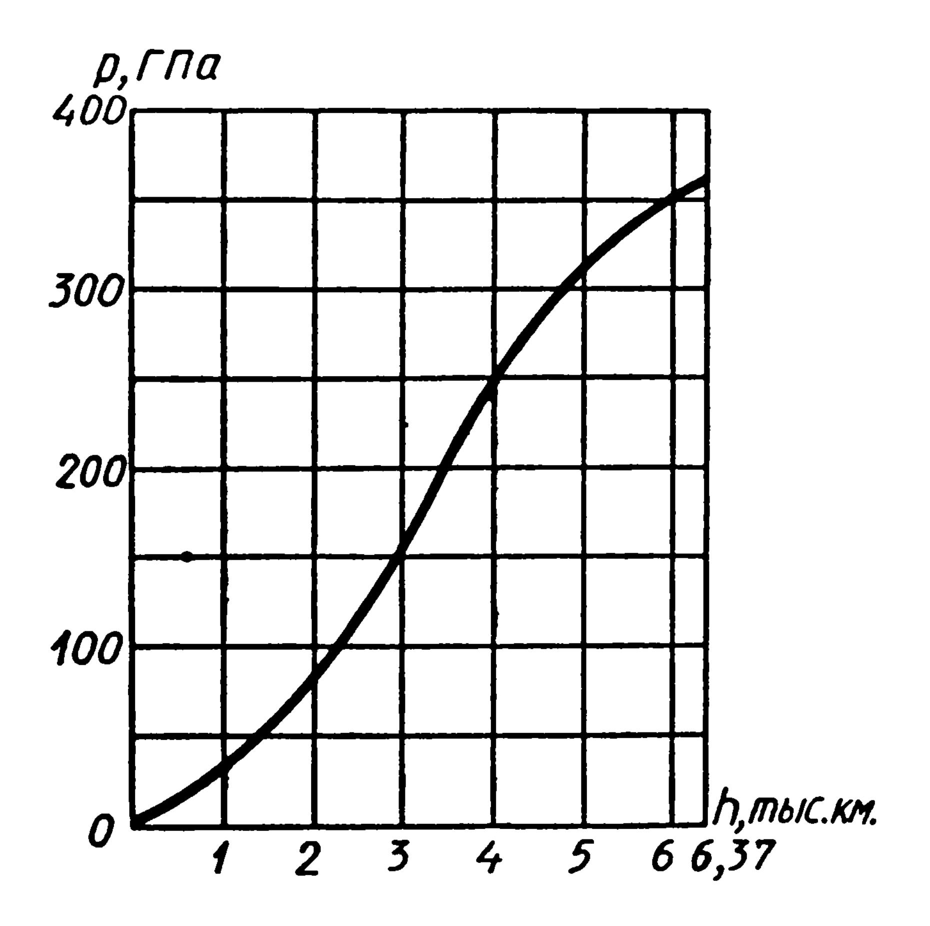


Рис. 8. Давление на различной глубине Земли.

340. Температура вещества внутри Земли

Распределение температуры в недрах Земли выяснено еще неточно. Поэтому приведенные в таблице данные являются ориентировочными. В поверхностном слое Земли средний геотермический градиент (т. е. величина, характеризующая скорость возрастания температуры с глубиной) равен 20 К/км (или 20 °С/км).

Глубина, км	Температура, К	Глубина, км	Температура, К	Глубина, км	Температура, К
0	287	800	2800	3500	5000
10	460	1000	3000	4000	5500
33	700	1500	3500	4500	5800
100	1200	2000	3800	5000	6000
200	1700	2500	4100	5500	6200
300	2000	2900	4300	6000	6300
400	2200	3000	4500	6371	6400
600	2500				

Примечание. Данные о свойствах глубинных недр Земли см. также в табл. 337—340.

341. Данные о строении атмосферы Земли

Атмосфера — газообразная оболочка Земли — имеет ясно выраженное слоистое строение. По характеру распределения температуры по вертикали атмосферу принято делить на пять основных сфер и три переходных слоя между ними. В таблице приведены данные об основных сферах и переходных слоях земной атмосферы.

Наименование сферы	Средняя высота сферы	Переходный слой и его высота	Среднее распределение температуры по вертикали
Тропосфера*	От поверхности Земли до тропопаузы	Тропопауза — слой на высоте 8—10 км над полярными областями Земли, 10—12 км над умеренными широтами и 16—18 км над тропиками	Понижается в среднем на 6,5 °C на 1 км высоты
Стратосфера**	От тропопаузы до высоты 50—55 км	Стратопауза — в слое 50—55 км	В стратопаузе достигает примерно от $-2{,}5$ до -12 °C
Мезосфера***	От стратопаузы до высоты 80—85 км	Мезопауза — в слое 80—85 км	Понижается на 3—4 °C на 1 км высоты
Термосфера****	Выше 80—85 км (до 800—1000 км)	—	Повышается и достигает ≈ 60 °C на высоте 120 км и ≈ 700 °C на высоте 150 км
Экзосфера*****	Выше 800—1000 км	—	Температура растет с высотой

Примечание. См. также рис. 3 к табл. 14.

* Тропосфера — нижний слой атмосферы. Высота его верхней границы — тропопаузы — колеблется в зависимости от широты места и времени года. В тропосфере сосредоточено до 80% всей массы воздушной оболочки Земли, до 90% ее водяных паров. В ней происходят процессы, формирующие погоду на Земле.

** Стратосфера — слой над тропосферой. В ней содержится около 20% всей массы атмосферы Земли. Нижняя часть стратосферы (до высоты 20 км) характеризуется почти полной неизменностью температуры по высоте ($-56{,}5$ °C), затем происходит повышение температуры в среднем на 1—2 °C на 1 км подъема, и на верхней границе стратосферы температура достигает почти 0 °C. В верхней части стратосферы наблюдается концентрация озона, поглощающего большую часть ультрафиолетового излучения Солнца и предохраняющего живую природу Земли от его вредного воздействия. У верхней границы стратосферы наблюдаются и максимальные скорости ветра (до 360 км/ч).

*** Мезосфера. На долю мезосферы приходится не более 0,3% всей массы атмосферы. Скорость ветра 20—230 км/ч.

**** Термосфера. На долю термосферы приходится не менее 0,05% от общей массы атмосферы. В ней происходят процессы поглощения коротковолнового излучения Солнца, что обусловливает быстрый рост температуры (температурный градиент равен 3—8 °C/км) до высоты 200—300 км. Выше, примерно до 800—1000 км, температура остается постоянной (≈ 1000 K), так как здесь разреженная атмосфера слабо поглощает солнечное излучение.

***** Экзосфера — крайне разреженная область верхней атмосферы (в области нижней ее границы концентрация протонов составляет $\approx 10^{11}$ м$^{-3}$ и столкновения частиц происходят редко). Основными компонентами атмосферы в этом слое являются атомарные кислород, азот, водород. Скорости отдельных частиц экзосферы (главным образом атомов водорода и гелия) превышают вторую космическую скорость, и они, преодолев притяжение Земли, могут покинуть атмосферу и уйти в межпланетное пространство (происходит диссипация — рассеяние атмосферы).

342. Физические параметры Солнца

Диаметр, км	1 392 000 (109,12 диаметра Земли)
Масса, т	$1{,}99\cdot10^{27}$ (332 958 масс Земли)
Объем, км^3	$1{,}4\cdot10^{18}$ (1 303 800 объемов Земли)
Площадь поверхности, км^2	$6{,}087\cdot10^{12}$ (в 11 930 раз больше площади поверхности Земли)
Наименьшее расстояние от Земли (в январе), км	$1{,}471\cdot10^{8}$
Наибольшее расстояние от Земли (в июле), км	$1{,}521\cdot10^{8}$
Среднее расстояние от Земли, км	$1{,}496\cdot10^{8}$
Средняя плотность, кг/м^3	1410
Плотность в центральной области Солнца, кг/м^3	ок. 150 000
Ускорение свободного падения на поверхности, м/с^2	273,98
Яркость центра диска Солнца на границе земной атмосферы, кд/м^2	$2{,}48\cdot10^{9}$
Средняя яркость поверхности (при наблюдении вне атмосферы Земли), кд/м^2	$1{,}98\cdot10^{9}$
Освещенность от Солнца (вне атмосферы Земли), лк	127 000
Освещенность от Солнца поверхности Земли в летний ясный полдень, лк	100 000
Солнечная постоянная, Вт/м^2	$1{,}36\cdot10^{3}$
кал/(см^2·мин)	1,95
Мощность общего излучения Солнца, кВт	$3{,}83\cdot10^{23}$
Мощность солнечного излучения, падающего на Землю, кВт	ок. $2\cdot10^{14}$*
Уменьшение массы Солнца из-за излучения, т/с	$4\cdot10^{6}$
Видимая звездная величина Солнца	—26,74
Сила притяжения Солнца, удерживающая Землю на орбите:	
кН	$3{,}5\cdot10^{19}$
кгс	$3{,}6\cdot10^{21}$
Вторая космическая скорость (скорость освобождения) на поверхности, м/с	$6{,}18\cdot10^{5}$
Линейная скорость точки экватора при вращении Солнца вокруг своей оси, км/с	2,0
Температура в центральной области, К	$1\cdot10^{7}$—$1{,}5\cdot10^{7}$
Давление в центральной области, МПа	$3{,}9\cdot10^{10}$
кг/см^2	$4\cdot10^{11}$
Абсолютная звездная величина Солнца	+4,83
Скорость движения Солнца по орбите вокруг центра Галактики, км/с	250
Период обращения Солнца вокруг центра Галактики, млн. лет	≈200
Расстояние Солнца от центра Галактики, пк	≈10 000

Примечание. В Солнце сосредоточено 99,866% массы всей Солнечной системы. Содержание водорода в Солнце составляет около 70%, гелия — около 27%, содержание всех остальных элементов — около 2,5%.

* Около половины энергии солнечного излучения, падающего на Землю, отражается облаками и поверхностью Земли.

343. Физические параметры Луны

Параметр	Значение
Диаметр, км	3476 (0,272 диаметра Земли)
Площадь поверхности, км²	$3{,}79 \cdot 10^7$ (0,074 площади поверхности Земли)
Объем, км³	$2{,}2 \cdot 10^{10}$ (0,0203 объема Земли)
Масса, т	$7{,}35 \cdot 10^{19}$ (1/81,3 или 0,0123 массы Земли)
Средняя плотность, кг/м³	3340 (0,607 средней плотности Земли)
Ускорение свободного падения на поверхности Луны, м/с²	1,623
Первая космическая скорость на поверхности Луны, км/с	1,680 (0,21 земной)
Вторая космическая скорость (скорость освобождения) на поверхности Луны, км/с	2,375 (0,21 земной)
Период орбитального обращения, вокруг Земли	27 сут 7 ч 43 мин 11,5 с (т. е. 27,3217 ср. суток — сидерический месяц)
Период вращения Луны вокруг своей оси	27 суток 7 ч 43 мин 11,5 с
Средняя скорость движения Луны по орбите, км/с	1,023 (≈3681 км/ч)
Среднее ускорение при ее движении по орбите вокруг Земли, м/с²	0,0027
Продолжительность лунных суток	29 сут 12 ч 44 мин 2,7 с (т. е. 29,5306 суток — синодический месяц)
Площадь лунной поверхности, невидимой с Земли, %	41
Среднее расстояние от Земли, км	384 401 (60 земных радиусов)
Наибольшее расстояние от Земли, км	406 800
Наименьшее расстояние от Земли, км	356 400
Освещенность Земли, создаваемая полной Луной, лк	0,25
Плотность верхнего слоя лунного грунта, кг/м³	1000—1200
Магнитное поле Луны	Существенное магнитное поле отсутствует

344. Лунные затмения

В таблице приведены сведения о полных лунных затмениях, которые можно будет наблюдать на территории СССР в текущем столетии.

Дата затмения	Время начала и окончания полной фазы затмения*, ч	Район видимости затмения
1992 г., 10 декабря	2,1—3,3	Западная половина СССР
1993 г., 4 июня	15,2—16,8	Восточная половина СССР
1996 г., 4 апреля	2,4—3,8	Западные районы СССР
1997 г., 16 сентября	21,2—22,3	Кроме Чукотского полуострова
2000 г., 16 июля	17,4—19,1	Кроме западных районов

* Указано московское время.

345. Большие планеты Солнечной системы

Физические параметры планет	Планеты							
	Меркурий	Венера	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
Масса, т	$3,30 \cdot 10^{20}$	$4,87 \cdot 10^{21}$	$6,42 \cdot 10^{20}$	$1,899 \cdot 10^{24}$	$5,68 \cdot 10^{23}$	$8,69 \cdot 10^{22}$	$1,02 \cdot 10^{23}$	$(1,3 \cdot 10^{19})$
Масса (относительно массы Земли)	0,054	0,815	0,107	317,8	95,28	14,54	17,22	≈0,002
Экваториальный радиус, км	2439	6051	3393	71 400	60 330	26 200	25 230	≈560
Средняя плотность, кг/м^3	5430	5250	3950	1330	690	(1150)	(1550)	(900)
Ускорение свободного падения на экваторе, м/с^2	3,7	8,76	3,76	23,5	9,06	9,8	13,47	0,6?
Средняя скорость движения по орбите вокруг Солнца, км/с	47,83	34,99	24,13	13,06	9,64	6,80	5,4	4,8
Первая космическая скорость, км/с	3	6,2	3,6	43,6	26	15,6	17	?
Вторая космическая скорость, км/с	4,3	10,2	5,0	61,7	37	22	24,6	1?
Среднее расстояние от Солнца, млн. км	57,9	108,2	227,9	778,3	1427	2870	4496	5910
Наименьшее расстояние от Земли, млн. км	82	38	56	588	1199	2586	4309	4280
Наибольшее расстояние от Земли, млн. км	217	261	400	967	1650	3153	4682	7587
Период обращения вокруг Солнца	88 сут	224,7 сут	686,98 сут	11,86 года	29,5 года	84,01 года	165 лет	248,5 года
Период вращения вокруг оси	58,6 сут	243 сут	24 ч 37 мин	9 ч 55 мин	10 ч 14 мин	17 ч 14,4 мин	(18,24 ч)	6,39 сут
Число естественных спутников	—	—	2	16	17	15	2	1

Примечания. 1. Данные о Земле см. в табл. 335.
2. В скобках неточные данные.

346. Физические параметры естественных спутников планет

Название спутника и год его открытия	Среднее расстояние от планеты, тыс. км	Радиус спутника, тыс. км.	Масса, 10^{21} кг	Средняя плотность кг/м^3	Орбитальный период, земные сутки
Спутник Земли					
Луна	384,4	1738	73,49	3340	27,3217
Спутники Марса					
Фобос, 1877	9,38	13,5×10,7×9,6	$1{,}26\cdot10^{-5}$	2200	0,319
Деймос, 1877	23,46	7,5×6×5,5	$1{,}8\cdot10^{-6}$	1700	1,263
Спутники Юпитера					
Метис, 1979	127,96	?×20×20	...	...	0,295
Адрастея, 1979	128,98	12×10×8	...	...	0,298
Амальтея, 1892	181,3	135×82×75	...	...	0,498
Теба, 1979	221,9	9×55×45	...	...	0,675
Ио, 1610	421,6	1815	89,4	3500	1,769
Европа, 1610	670,9	1569	48,0	2970	3,551
Ганимед, 1610	1070	2631	149,19	1940	7,155
Каллисто, 1610	1883	2400	107,66	1860	16,689
Леда, 1974	11 094	≈8	...	...	238,72
Гималия, 1904	11 480	90	...	...	250,67
Лиситея, 1938	11 720	≈20	...	...	259,22
Элара, 1904	11 737	40	...	...	259,65
Ананке, 1951	21 200	≈15	...	...	631
Карме, 1938	22 600	≈22	...	...	692
Пасифе, 1908	23 500	≈35	...	...	735
Синопе, 1914	23 700	≈20	...	...	758
Спутники Сатурна					
Атлас, 1980	137,64	19×?×14	...	...	0,602
Прометей, 1980	139,35	70×50×37	...	...	0,613
Пандора, 1980	141,70	55×43×33	...	...	0,629
Эпиметий, 1966	151,42	70×58×50	...	...	0,694
Янус, 1966	151,47	110×95×80	...	...	0,695
Мимас, 1789	185,52	197	0,038	1170	0,942
Энцелад, 1789	238,02	251	0,08	1240	1,370
Тефия, 1684	294,66	542	0,622	1260	1,888
Телесто, 1980	294,66	?×12×11	...	...	1,888
Калипсо, 1980	294,66	15×13×8	...	...	1,888
Диона, 1684	377,40	559	1,05	1440	2,737
Елена, 1980	377,40	18×?×15	...	...	2,737
Рея, 1672	527,04	764	2,489	1330	4,518
Титан, 1655	1221,85	2575	134,87	1880	15,945
Гиперион, 1848	1481,1	175×120×100	...	...	21,277
Япет, 1671	3561,3	718	2,2	1200	79,331
Феба, 1898	12 952	115×110×105	...	...	550,48
Спутники Урана					
Корделия, 1986	49,75	≈25	...	...	0,336
Офелия, 1986	53,77	≈25	...	...	0,377
Бианка, 1986	59,16	≈25	...	...	0,435
Крессида, 1986	61,77	≈30	...	...	0,465
Дездемона, 1986	62,65	≈30	...	...	0,476
Джульетта, 1986	64,63	≈40	...	...	0,494

Порция, 1986	66,10	≈40	...	...	0,515
Розалинда, 1986	69,93	≈30	...	...	0,560
Белинда, 1986	75,25	≈30	...	...	0,624
Пэк, 1985	86,00	85	...	...	0,764
Миранда, 1948	129,8	242	0,071	1260	1,413
Ариэль, 1851	191,2	580	1,44	1650	2,520
Умбриэль, 1851	266,0	595	1,18	1440	4,144
Титания, 1787	435,8	800	3,43	1590	8,706
Оберон, 1787	582,6	775	2,87	1500	13,463
		Спутники Нептуна			
Тритон, 1846	354,3	1750	1300±250	5?	5,877
Нереида, 1949	5515	≈200	...	...	360,16
		Спутник Плутона			
Харон, 1978	20	≈500	...	0,8?	6,4

Примечания. 1. В Солнечной системе известно 60 естественных спутников планет (на 1.1.1990 г.).

2. Для ряда спутников в таблице приведены три радиуса, соответствующие осям трехосного эллипсоида.

3. В 1989 г. американский космический аппарат «Вояджер-2» открыл у планеты Нептун шесть новых спутников. Они получили следующие названия (в скобках указаны радиусы этих спутников в километрах): Протей (210), Ларисса (100), Деспина (70), Галатея (80), Таласса (45), Наяда (25).

347. Ближайшие звезды

В таблице приведены названия и звездные величины 18 ближайших звезд, а также указаны расстояния до этих звезд.

Название звезды	Расстояние до звезды, пк	Звездная величина*	
		видимая	абсолютная
Ближайшая Центавра	1,31	+10,68	+15,1
α Центавра А	1,33	+0,32	+4,76
α Центавра В	1,33	+1,72	+6,16
Звезда Барнарда	1,83	+9,54	+13,22
Вольф № 359	2,34	+13,66	+16,62
BD+36° 2147	2,52	+7,47	+10,46
Сириус А	2,66	−1,46	+1,4
Сириус В	2,66	+8,67	+11,6
Лейтен 726—8	2,69	+12,45	+15,3
Росс № 154	2,93	+10,6	+13,3
Росс № 248	3,16	+12,24	+14,74
ε Эридана	3,30	+3,73	+6,14
Росс № 128	3,34	+11,13	+13,50
Лейтен 789—6	3,34	+12,58	+14,9
61 Лебедя А	3,42	+5,19	+7,52
61 Лебедя В	3,42	+6,02	+8,35
Процион А	3,48	+0,34	+2,67
Процион В	3,48	+10,7	+13,1

* Видимая звездная величина — мера освещенности, создаваемой звездой на Земле в плоскости, перпендикулярной падающим лучам. Абсолютной звездной величиной называется такая звездная величина, которую имела бы звезда, находясь на стандартном расстоянии (10 пк) от Земли.

348. Физические параметры некоторых звезд

Название звезды	Температура поверхностных слоев звезды, млн. К (в скобках температура в центре звезды)	Диаметр (по сравнению с диаметром Солнца)*	Масса звезды (по сравнению с массой Солнца)**	Средняя плотность звезды, кг/м³***	Расстояние от Земли, пк
Главная последовательность					
τ Ориона	0,028 (54)	7	27	130	
Спика (α Девы)	0,020 (30)	5	11	140	47,7
Вега (α Лиры)	0,012 (18)	2,2	2,8	280	8,1
Процион А	0,007 (8)	1,8	1,2	280	3,5
α Центавра А	0,006 (13)	1,0	1,0	1410	$4{,}8\cdot10^{-6}$
ξ Волопаса В	0,0042 (10)	0,65	0,58	2800	
Крюгер 60 А	0,003 (8,5)	0,41	0,30	6300	
Гиганты					
Капелла В (спутник главной звезды Капеллы А)	0,0065	7	3,3	15	
Капелла А (α Возничего)	0,0055	12	4,2	3,3	13,7
Арктур (α Волопаса)	0,0042	26	11	1	11,1
β Пегаса	0,003	141	14	$7\cdot10^{-3}$	
Сверхгиганты					
Ригель (β Ориона)	0,0013	33	40	1,4	200 (?)
Денеб (α Южной Рыбы)	0,0011	35	35	1,1	170 (?)
Канопус (α Киля)	0,008	85	50	1,1	55,5
Антарес (α Скорпиона)	0,0032	328	50	$1{,}4\cdot10^{-3}$	52,5
Бетельгейзе (α Ориона)	0,003	300—400	14	$\approx6\cdot10^{-4}$	9,0
Белые карлики					
40 Эридана А	0,00125	0,016	0,31	$11\cdot10^{7}$****	...
Сириус В (спутник главной звезды Сириуса А)	0,0094	0,029	0,89	$52\cdot10^{6}$****	2,7
Звезда ван Маанена	0,008	0,007	0,12	$42\cdot10^{7}$****	

Примечание. Для некоторых звезд данные, определенные различными авторами, сильно расходятся.

* Самые маленькие из известных звезд — звезда Лейтена (№ 468—500) в созвездии Кита, звезда Кейпера и звезда Вольфа № 457. Диаметры этих белых карликов составляют соответственно ≈1200, ≈6000 и ≈4600 км (т. е. ≈1/10, ≈1/2 и 1/3 диаметра Земли). Диаметры самых больших по размеру звезд — *S* Золотой Рыбы и *VV* Цефея — соответственно в 1400 и 1200 раз больше диаметра Солнца. Диаметры звезд заключены в пределах от 0,4 до 2000 диаметров Солнца.

** Звезда с наименьшей известной массой (0,08 массы Солнца) — это спутник В двойной звезды Росс 614. Массы звезд заключены в пределах от 0,04 до 100 масс Солнца.

*** Средняя плотность белого карлика — звезды АС +70° 8247 примерно в 10 млн. раз превосходит среднюю плотность Солнца и равна $36\cdot10^{9}$ кг/м³ (эта звезда, открытая в 1935 г. в созвездии Кассиопеи, в 8 раз меньше Земли по объему и в 2,8 раза больше Солнца по массе). Средняя плотность звезд *VV* Цефея 10^{-5} кг/м³, что примерно в 120 000 раз меньше плотности воздуха при нормальных условиях.

**** Плотность центральной части звезд: 40 Эридана А — $6{,}8\cdot10^{8}$ кг/м³, Сириуса В — $5{,}5\cdot10^{8}$ кг/м³, ван Маанена — $1{,}5\cdot10^{9}$ кг/м³.

*Число звезд на звездном небе**

m — видимая звездная величина, *n* — количество звезд до данной звездной величины.

m	*n*	*m*	*n*	*m*	*n*	*m*	*n*
1	13	7	15 000	12	2,3 млн.	17	150 млн.
2	40	8	42 000	13	5,7 »	18	300 »
3	100	9	125 000	14	14,0 »	19	550 »
4	500	10	350 000	15	32,0 »	20	1 млрд.
5	1600	11	900 000	16	71,0 »	21	2 млдр.
6	4800						

* Число звезд, видимых невооруженным глазом на ночной половине неба при хороших условиях, около 2,5 тыс. (до 6-й звездной величины). В полевой бинокль можно увидеть примерно 50 000 звезд.

349. Наиболее яркие звезды неба

Таблица включает 20 наиболее ярких из видимых звезд. Для этих звезд указываются видимая и абсолютная звездные величины. В таблице звезды расположены в порядке их видимой звездной величины.

Название звезды	Звездная величина		Название звезды	Звездная величина	
	видимая	абсолютная		видимая	абсолютная
Сириус (α Большого Пса)	−1,46	+1,4	βЦентавра*	+0,59	−3,4
Канопус (α Киля)	−0,75	−4,4	Альтаир (α Орла)	+0,76	+2,3
Арктур (α Волопаса)	−0,05	−0,3	α Креста*	+0,79	−4,7
Вега (α Лиры)	+0,03	+0,5	Альдебаран (α Тельца)	+0,86	−0,7
α Центавра*	+0,32	+4,76	Антарес (α Скорпиона)	+0,91	−2,7
Капелла (α Возничего)	+0,08	−0,6	Спика (α Девы)	+0,97	−2,4
Ригель (β Ориона)	+0,13	−7,5	Поллукс (β Близнецов)	+1,14	+1,0
Процион (α Малого Пса)	+0,34	+2,67	Фомальгаут (α Южной Рыбы)	+1,16	+2,0
Бетельгейзе (α Ориона)	+0,42	−6,1	Денеб (α Лебедя)	+1,25	−6,2
Ахернар* (α Эридана)	+0,47	−2,0	Регул (α Льва)	+1,35	−0,7

Примечание. Видимая звездная величина Солнца равна −26,78 Луны (в полнолуние) — 12,71. Звездная величина источника света, создающего освещенность в 1 лк, составляет — 13,78. Абсолютная звездная величина Солнца +4,9.

* Звезда с территории СССР не видна.

350. Модель атмосферы планеты Венера

Высота над поверхностью планеты, км	Температура атмосферы, °C	Плотность атмосферы, кг/м³	Давление	
			кПа	кгс/см² (ат)
0	447	0,063	9120	93,0
5	440	0,050	6770	69,0
10	402	0,038	4930	50,3
20	323	0,022	2470	25,2
30	242	0,012	1130	11,5
40	155	0,0055	431	4,5
50	67	0,0022	141	1,43
70	−33	$1{,}2\cdot10^{-4}$	5,4	0,055
100	−93	$1{,}8\cdot10^{-7}$	$6{,}1\cdot10^{-3}$	$6{,}2\cdot10^{-5}$

Примечание. Таблица модели атмосферы Венеры составлена советским ученым В. И. Морозом на основании наземных данных, а также данных, полученных автоматическими межпланетными станциями «Венера-4, -5, -6, -7» и «Маринер-5».

351. Крупнейший в мире телескоп

Название телескопа	Большой телескоп азимутальный (БТА)
Масса телескопа, т	850
Высота телескопа, м	42
Длина трубы телескопа (фокусное расстояние), м	24
Диаметр зеркала, м	6
Толщина зеркала, мм	650
Масса зеркала, т	42
Рабочая площадь поверхности зеркала, м²	28
Толщина отражающего алюминиевого слоя, нанесенного на поверхность зеркала, мкм	0,1
Время, в течение которого охлаждалась отлитая из оптического стекла заготовка зеркала	2 года
Коэффициент линейного расширения стекла, из которого изготовлено зеркало, °C⁻¹	0,000003
Масса трубы телескопа, т	280
Астрономическая башня для телескопа:	
высота, м	53
диаметр, м	44
масса вращающегося купола башни, т	1000
Место и год установки телескопа	Специальная астрофизическая обсерватория Академии наук СССР (вблизи станицы Зеленчукской Ставропольского края), 1974
Высота обсерватории над уровнем моря, м	2070

СВЕДЕНИЯ ИЗ ХИМИИ

352. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева

Названия и символы элементов, приведенные в круглых скобках, не являются общепринятыми.

Периоды	Ряды	Группы элементов I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
1	1	H 1 ВОДОРОД 1,00794(7)							2 He ГЕЛИЙ 4,002602(2)		
2	2	Li 3 ЛИТИЙ 6,941(2)	Be 4 БЕРИЛЛИЙ 9,012182(3)	5 B БОР 10,811(5)	6 C УГЛЕРОД 12,011(1)	7 N АЗОТ 14,00674(7)	8 O КИСЛОРОД 15,9994(3)	9 F ФТОР 18,9984032(9)	10 Ne НЕОН 20,1797(6)		
3	3	Na 11 НАТРИЙ 22,989768(6)	Mg 12 МАГНИЙ 24,3050(6)	13 Al АЛЮМИНИЙ 26,981539(5)	14 Si КРЕМНИЙ 28,0855(3)	15 P ФОСФОР 30,973762(4)	16 S СЕРА 32,066(6)	17 Cl ХЛОР 35,4527(9)	18 Ar АРГОН 39,948(1)		
4	4	K 19 КАЛИЙ 39,0983(1)	Ca 20 КАЛЬЦИЙ 40,078(4)	Sc 21 СКАНДИЙ 44,955910(9)	Ti 22 ТИТАН 47,88(3)	V 23 ВАНАДИЙ 50,9415(1)	Cr 24 ХРОМ 51,9961(6)	Mn 25 МАРГАНЕЦ 54,93805(1)	Fe 26 ЖЕЛЕЗО 55,847(3)	Co 27 КОБАЛЬТ 58,93320(1)	Ni 28 НИКЕЛЬ 58,69(1)
	5	29 Cu МЕДЬ 63,546(3)	30 Zn ЦИНК 65,39(2)	31 Ga ГАЛЛИЙ 69,723(1)	32 Ge ГЕРМАНИЙ 72,61(2)	33 As МЫШЬЯК 74,92159(2)	34 Se СЕЛЕН 78,96(3)	35 Br БРОМ 79,904(1)	36 Kr КРИПТОН 83,80(1)		
5	6	Rb 37 РУБИДИЙ 85,4678(3)	Sr 38 СТРОНЦИЙ 87,62(1)	Y 39 ИТТРИЙ 88,90585(2)	Zr 40 ЦИРКОНИЙ 91,224(2)	Nb 41 НИОБИЙ 92,90638(2)	Mo 42 МОЛИБДЕН 95,94(1)	Tc 43 ТЕХНЕЦИЙ 97,9072(2)	Ru 44 РУТЕНИЙ 101,07(2)	Rh 45 РОДИЙ 102,90550(3)	Pd 46 ПАЛЛАДИЙ 106,42(1)
	7	47 Ag СЕРЕБРО 107,8682(2)	48 Cd КАДМИЙ 112,411(8)	49 In ИНДИЙ 114,82(1)	50 Sn ОЛОВО 118,710(7)	51 Sb СУРЬМА 121,75(3)	52 Te ТЕЛЛУР 127,60(3)	53 I ИОД 126,90447(3)	54 Xe КСЕНОН 131,29(2)		
6	8	Cs 55 ЦЕЗИЙ 132,90543(5)	Ba 56 БАРИЙ 137,327(7)	57 La–Lu 71 *	Hf 72 ГАФНИЙ 178,49(2)	Ta 73 ТАНТАЛ 180,9479(1)	W 74 ВОЛЬФРАМ 183,85(3)	Re 75 РЕНИЙ 186,207(1)	Os 76 ОСМИЙ 190,2(1)	Ir 77 ИРИДИЙ 192,22(3)	Pt 78 ПЛАТИНА 195,08(3)
	9	79 Au ЗОЛОТО 196,96654(3)	80 Hg РТУТЬ 200,59(3)	81 Tl ТАЛЛИЙ 204,3833(2)	82 Pb СВИНЕЦ 207,2(1)	83 Bi ВИСМУТ 208,98037(3)	84 Po ПОЛОНИЙ 208,9824	85 At АСТАТ 209,9871	86 Rn РАДОН 222,0176		
7	10	Fr 87 ФРАНЦИЙ 223,0197	Ra 88 РАДИЙ 226,0254	89 Ac-(Lr) 103 **	Ku 104 КУРЧАТОВИЙ 261,11	Ns 105 НИЛЬСБОРИЙ 262,114	106 263,118	107 262,12			
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4		
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH_4	RH_3	RH_2	RH			

* ЛАНТАНОИДЫ	La 57 ЛАНТАН 138,9055(2)	Ce 58 ЦЕРИЙ 140,115(4)	Pr 59 ПРАЗЕОДИМ 140,90765(3)	Nd 60 НЕОДИМ 144,24(3)	Pm 61 ПРОМЕТИЙ 144,9127	Sm 62 САМАРИЙ 150,36(3)	Eu 63 ЕВРОПИЙ 151,965(9)	Gd 64 ГАДОЛИНИЙ 157,25(3)	Tb 65 ТЕРБИЙ 158,92534(3)	Dy 66 ДИСПРОЗИЙ 162,50(3)	Ho 67 ГОЛЬМИЙ 164,93032(3)	Er 68 ЭРБИЙ 167,26(3)	Tm 69 ТУЛИЙ 168,93421(3)	Yb 70 ИТТЕРБИЙ 173,04(3)	Lu 71 ЛЮТЕЦИЙ 174,967(1)
** АКТИНОИДЫ	Ac 89 АКТИНИЙ 227,0278	Th 90 ТОРИЙ 232,0381(1)	Pa 91 ПРОТАКТИНИЙ 231,0359	U 92 УРАН 238,0289(1)	Np 93 НЕПТУНИЙ 237,0482	Pu 94 ПЛУТОНИЙ 244,0642	Am 95 АМЕРИЦИЙ 243,0914	Cm 96 КЮРИЙ 247,0703	Bk 97 БЕРКЛИЙ 247,0703	Cf 98 КАЛИФОРНИЙ 251,0796	Es 99 ЭЙНШТЕЙНИЙ 252,083	Fm 100 ФЕРМИЙ 257,0951	Md 101 МЕНДЕЛЕВИЙ 258,10	(No) 102 НОБЕЛИЙ 259,1009	(Lr) 103 ЛОУРЕНСИЙ 262,11

353. Содержание химических элементов во Вселенной

В таблице приведены приближенные массовые доли элементов во Вселенной.

Порядковый номер элемента	Название элемента	Массовая доля, %
1	Водород	≈70
2	Гелий	≈30
	Остальные элементы	≈1

Среднее содержание некоторых химических элементов в организме взрослого человека

Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Кислород	65,0	Цинк	0,0033
Углерод	18,0	Рубидий	0,0017
Водород	10,0	Стронций	$2\cdot10^{-4}$
Азот	3,0	Медь	$1,4\cdot10^{-4}$
Кальций	1,5	Алюминий	$1,4\cdot10^{-4}$
Фосфор	1,0	Свинец	$1,1\cdot10^{-4}$
Сера	0,25	Олово	$4,3\cdot10^{-5}$
Калий	0,2	Иод	$4,3\cdot10^{-5}$
Натрий	0,15	Кадмий	$4,3\cdot10^{-5}$
Хлор	0,15	Марганец	$3\cdot10^{-5}$
Магний	0,05	Барий	$2,3\cdot10^{-5}$
Железо	0,0057		

354. Химический состав литосферы

В таблице приведены приближенные массовые доли элементов в литосфере* (по данным акад. А. П. Виноградова). Данные приведены для 15 химических элементов; остальные элементы составляют весьма незначительную массовую долю литосферы.

Порядковый номер элемента	Название элемента	Массовая доля, %	Порядковый номер элемента	Название элемента	Массовая доля, %
8	Кислород	47,2	22	Титан	0,6
14	Кремний	27,6	1	Водород	0,15
13	Алюминий	8,8	6	Углерод	0,1
26	Железо	5,1	25	Марганец	0,09
20	Кальций	3,6	16	Сера	0,09
11	Натрий	2,64	15	Фосфор	0,08
19	Калий	2,60	56	Барий	0,05
12	Магний	2,1			

* Литосфера — верхняя часть земной коры (без гидросферы) толщиной 16 км.

355. Химический состав земной коры

В таблицах приводятся примерные химические составы земной коры (по А. Е. Ферсману) и Земли в целом.

Химический элемент	Массовая доля от массы земной коры, %	Химический элемент	Массовая доля от массы земной коры, %
Кислород	49,1	Калий	2,4
Кремний	26,0	Магний	2,4
Алюминий	7,5	Водород	1,0
Железо	4,2	Титан	0,6
Кальций	3,3	Углерод	0,4
Натрий	2,4	Хлор	0,2

Примечание. Остальные химические элементы образуют ничтожную долю массы земной коры.

Химический элемент	Массовая доля от массы Земли, %	Химический элемент	Массовая доля от массы Земли, %
Железо	39,8	Натрий	0,38
Кислород	27,7	Хром	0,20
Кремний	14,5	Калий	0,14
Магний	8,7	Фосфор	0,11
Никель	3,5	Марганец	0,07
Кальций	2,3	Углерод	0,04
Алюминий	1,8	Титан	0,02
Сера	0,64	Остальные элементы	0,14

356. Химический состав атмосферы

Атмосфера состоит из смеси газов, в основном из азота и кислорода. До высоты примерно 80—100 км состав атмосферы почти не меняется вследствие перемешивания воздуха вертикальными циркуляционными потоками и ветрами. В таблице приведены массовые доли компонентов, входящих в состав сухого атмосферного воздуха.

Газ	Объемная доля газа, %	Массовая доля газа, %	Газ	Объемная доля газа, %	Массовая доля газа, %
Азот	78,09	75,53	Криптон	0,0001	0,0029
Кислород	20,95	23,14	Ксенон	0,000008	0,00004
Аргон	0,93	1,28	Водород	0,00005	0,000003
Оксид углерода (IV)	0,03	0,045	Оксид азота (I)	0,00005	0,000008
Неон	0,0018	0,0012	Озон	0,00004	0,00007
Гелий	0,00053	0,000073	Метан	0,00015	0,000084

Примечание. В атмосфере содержатся водяные пары массой $1{,}3\cdot10^{13}$—$1{,}5\cdot10^{13}$ т, что составляет объемную долю 0,1—2,8% от общего объема атмосферы (в зависимости от сезона, климата, погоды).

357. Физические свойства, состав и применение некоторых сплавов

Название сплава и массовые доли элементов, %	Свойства и область применения сплава
Альни: Ni 24; Cu 4 Al 13, остальное Fe Альнико: Co 5—12; Ni 17—28; Al 10—12, остальное Fe	Сплавы обладают большими значениями коэрцитивной силы и остаточной индукцией (см. табл. 250). Плотность 6900 кг/м^3 (альни) и 7100 кг/м^3 (альнико). Применяются для изготовления литых постоянных магнитов
Альсифер: А 15; Si 10, остальное Fe	Магнитно-мягкий материал, отличается механической твердостью и хрупкостью. Обладает малой коэрцитивной силой и высокими значениями магнитных проницаемостей (см. табл. 248). Удельное электрическое сопротивление 0,6 мкОм·м. Идет на изготовление магнитопроводов, корпусов приборов и аппаратуры
Алюмель: Ni 93—96; Al 1,8—2,5; Mn 1,8—2,2; Si 0,8—1,2	Удельное электрическое сопротивление $3{,}2\times10^{-8}$ Ом·м, температурный коэффициент линейного расширения $13{,}7\cdot10^{-6}$ °C^{-1}, плотность 8480 кг/м^3, температура плавления 1430—1450 °C. Из сплава изготовляют проволоку для термопар
Баббит (Б-83): Sn 83; Sb 11; Cu 6	Антифрикционный сплав. Плотность 7300 кг/м^3, температура плавления 350 °C. Применяется в подшипниках скольжения
Вуда сплав: Sn 12,5; Pb 25; Bi 50; Cd 12,5	Легкоплавкий сплав. Температура плавления 65,5 °C, плотность 9720 кг/м^3. Применяют в прецизионном литье, в операциях изгиба тонкостенных труб, в качестве выплавляемых стержней при изготовлении полых тел способом гальванопластики. Существует и ряд других рецептов сплава Вуда с низкой точкой плавления
Дуралюмин: Cu до 4,6—5,2; Mn до 0,1; Mg до 1,5; Fe до 0,7, остальное Al	Плотность 2500—2800 кг/м^3, температура плавления $\approx$650 °C. Сплавы широко применяются в авиастроении и во многих других областях машиностроения
Инвар: Ni 36, остальное Fe	Плотность 8130 кг/м^3, температура плавления 1425 °C. Сплав обладает минимальным температурным коэффициентом линейного расширения и практически не расширяется в интервале температур от —100 до 100 °C. Используется в точном приборостроении для изготовления мерных проволок в геодезии, эталонов длины, деталей часовых механизмов (маятников хронометров, пружин), деталей барографов и высотомеров и др. Стоек против коррозии, хорошо обрабатывается
Константан: Ni 39—41; Mn 1—2, остальное Cu	Сплав имеет высокое удельное электрическое сопротивление ($\approx$0,5 мкОм·м), минимальное значение термического коэффициента электрического сопротивления, высокую термоэлектродвижущую силу в паре с медью, железом, хромелем. Температурный коэффициент линейного расширения $14{,}4\cdot10^{-6}$ °C^{-1}. Плотность 8800—8900 кг/м^3, температура плавления $\approx$1260 °C. Хорошо поддается обработке. Идет на изготовление термопар, реостатов и электронагревательных элементов с рабочей температурой до 400—500 °C, измерительных приборов низкого класса точиости. См. также табл. 215
Копель: Ni 43—44; Fe 2—3, остальное Cu	Плотность сплава 8900 кг/м^3, температура плавления 1220—1290 °C, температурный коэффициент линейного расширения $14\cdot10^{-6}$ °C^{-1}, удельное электрическое сопротивление 0,5 мкОм·м. Сплав обладает высокой

Название сплава и массовые доли элементов, %	Свойства и область применения сплава
	термоэлектродвижущей силой в паре со многими металлами и применяется для изготовления электродов термопар. См. также табл. 230
Латунь: Cu 60,5—97,0, остальное Zn	Плотность 8450—8700 кг/м^3, температура плавления 900—1050 °С. Латунь обладает высокой стойкостью против коррозии во многих средах, хорошо обрабатывается
Магнико: Ni 14; Co 24; Al 8; Cu 3, остальное Fe	Высококоэрцитивный сплав (см. табл. 247). Плотность сплава 7000 кг/м^3. Сплав используется для изготовления постоянных магнитов. Магниты из магнико при равной магнитной энергии в четыре раза легче магнитов из сплава альни и в двадцать два раза легче, чем магниты из обычной хромистой стали. Объемная плотность магнитной энергии до 32,25 кДж/м^3
Манганин: Ni 2,5—3,5; Mn 11—13, остальное Cu	Плотность 8400 кг/м^3, температура плавления 1030 °С. Манганин — основной материал для электроизмерительных приборов и образцовых сопротивлений — эталонов, магазинов, мостовых схем, шунтов, дополнительных сопротивлений приборов высокого класса точности. Максимальная рабочая температура 100 °С. См. также табл. 215
Нейзильбер: Ni 13,5—16,5; Zn 18—20, остальное Cu	Плотность сплава 8700 кг/м^3, температура плавления 1080 °С, температурный коэффициент линейного расширения $16{,}6\cdot10^{-6}$ °С$^{-1}$. Применяют для изготовления реостатов, приборов точной механики, медицинского инструмента, изделий широкого потребления и др. Максимальная рабочая температура 200—250 °С. См. также табл. 215, 217
Никелин: Ni 25—30; Mn 1,5—3,0, остальное Cu	Сплав высокого сопротивления. Температура плавления 1230 °С. Применяется для изготовления сопротивлений, реостатов. Максимальная рабочая температура 400—500 °С (см. также табл. 215)
Нихром: Ni 55—78; Cr 15—23; Mn 1,5, остальное Fe	Плотность 8200—8500 кг/м^3, температура плавления 1100—1400 °С. Обладает высокими рабочей температурой (до 1100 °С) и механической прочностью (предел прочности при растяжении 0,65—0,70 ГПа). Используется для изготовления нагревательных элементов лабораторных и промышленных электрических печей, плиток, паяльников (см. также табл. 215)
Пермаллой высоконикелевый: Ni 72—80, остальное Fe и некоторые легирующие добавки (Mo, Si, Cr)	Магнитно-мягкий сплав, обладающий высокой магнитной проницаемостью и небольшой коэрцитивной силой (см. табл. 248). Плотность ≈8200 кг/м^3, удельное электрическое сопротивление 0,55—0,63 мкОм·м. Применяется для изготовления сердечников слаботочных трансформаторов звукового диапазона, малогабаритных дросселей и др.
Пермаллой низконикелевый: Ni 40—50, остальное Fe и легирующие добавки	Низконикелевый пермаллой имеет индукцию насыщения, примерно в два раза большую, чем высоконикелевый, что позволяет применять его для изготовления сердечников в силовых трансформаторах, дросселях и других приборах, где требуется высокая концентрация магнитного потока (см. табл. 248)
Пермендюр ванадиевый: Co 49; Fe 49; V 2	Магнитно-мягкий материал с высокой индукцией насыщения (см. табл. 248). Используется для изготовления телефонных мембран, магнитопроводов электриче-

Название сплава и массовые доли элементов, %	Свойства и область применения сплава
	ских машин и аппаратов, работающих при высоких индукциях. Удельное электрическое сопротивление 26 мкОм·м
Платинит: Ni 46; C 0,15, остальное Fe	Коэффициент линейного расширения такой же, как у стекла и платины. Поэтому сплав применяется для проводников, впаиваемых в стекло при изготовлении вакуумной аппаратуры и электрических ламп накаливания
Платиноиридиевый сплав: Pt 90; Ir 10	Плотность сплава 21 500 кг/м^3. Сплав обладает большой механической прочностью, не окисляется. Из этого сплава, в частности, изготовлен эталон килограмма
Сталь: C до 2; некоторые элементы, остальное Fe	Стали следующего массового состава (в %): а) C 0,9—1,1; Cr 1,3—1,6, остальное Fe; б) C 0,9—1,1; Cr 2,8—3,6, остальное Fe; в) C 0,7—0,8; Cr 0,3—0,5; W 5,2—6,2, остальное Fe; г) C 0,9—1,0; Cr 5,5—6,5; Co 5,5—6,5, остальное Fe; д) C 0,9—1,0; Cr 8,0—10,0; Co 13,5—16,5; Mo 1,2—1,7, остальное железо — используются для изготовления постоянных магнитов. Сталь электротехническая (трансформаторная) используется для изготовления сердечников трансформаторов, дросселей, электрических машин и электромагнитов (физические свойства см. в табл. 248). Состав стали: C 0,02; Si 4, остальное Fe
Супермаллой: Ni 79; Mo 5, остальное Fe	Удельное электрическое сопротивление сплава 0,6 мкОм·м. Применяется для изготовления деталей приборов в радиотехнике, телефонии, телемеханике (физические свойства сплава см. в табл. 248)
Фехраль: Cr 12—15; Al 3,5—5,5; Si 1; Mn 0,7, остальное Fe	Твердый, хрупкий сплав, с трудом поддающийся обработке, обладает высоким удельным электрическим сопротивлением (см. табл. 215). Плотность 1100—1300 кг/м^3, температура плавления $\approx$1450 °C. Наибольшая рабочая температура 750—950 °C. Применяется для мощных электронагревательных устройств и промышленных печей
Хромаль: Cr 23—27; Al 4,5—6,5, остальное Fe	Сплав имеет высокие удельное электрическое сопротивление (см. табл. 215) и максимальную рабочую температуру. Идет на изготовление нагревательных элементов электрических печей, электробытовых нагревателей с рабочей температурой до 900 °C
Хромель: Cr 8,7—10,0; Ni 89—91; примеси Si, Cu, Mn, Co	Плотность сплава 8710 кг/м^3, температура плавления 1400—1500 °C, температурный коэффициент линейного расширения $12{,}8\cdot10^{-6}$ °C^{-1}, удельное электрическое сопротивление 0,66 мкОм·м. Из сплава изготовляют проволоку для термопар

358. Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в воздухе рабочей зоны

В таблице приведены значения предельно допустимой концентрации *c* некоторых веществ в виде паров (п) или аэрозолей (а) в воздухе (в миллиграммах вещества в кубическом метре воздуха)

Вещество	*c*, мг/м³	Вещество	*c*, мг/м³
Аммиак, п	20	Ртуть, п	0,01
Анилин, п	0,1	Сулема, а	0,1
Ацетон, п	200	Свинец, а	0,01
Бензин-растворитель (уайт-спирит), п	300	Серная кислота, а	1
Бензин (топливо), п	100	Сероводород, п	10
Иод, п	1	Соляная кислота, п	5
Камфара, п	3	Спирт метиловый, п	5
Капролактам, а	10	» этиловый, п	1000
Керосин, лигроин, п	300	Табак, а	3
Медь, а	1	Тиофос, а	0,05
Нафталин, п	50	Толуол, п	50
Озон, п	0,1	Фосген, п	0,5
Оксид углерода (IV), п	20	Фторопласт-4, а	10
Поливинилхлорид, а	6	Хлор, п	1
		Щелочи едкие, а	0,5

359. Растворимость твердых веществ в воде

В таблице указывается число граммов вещества, которое нужно растворить в 100 г воды для получения насыщенного раствора при указанной температуре.

Вещество	Температура воды, °C				
	0	10	20	60	100
	Число граммов вещества				
Нитрат серебра $AgNO_3$	122	170	222	525	952
Сахар	179	190	20,4	287	487
Сульфат меди $CuSO_4$	14,3	17,4	20,7	40,0	75,0
Карбонат натрия $NaCO_3$	7,0	12,5	21,5	...	...
Хлорид калия KCl	27,6	31,0	34,0	45,5	56,7
Хлорид натрия $NaCl$	35,7	35,8	36,0	37,0	39,0

360. Гидроэлектростанции мощностью 1000 МВт и более (на 1.1.1989 г.)

Наименование ГЭС	Установленная мощность, МВт	Число и мощность агрегатов, шт ×МВт	Среднегодовая выработка электроэнергии, ГВт·ч	Расчетный напор, м	Высота плотины, м	Год пуска первого агрегата
Саяно-Шушенская	6400	10×640	23 300	194	244	1978
Красноярская им. 50-летия СССР	6000	12×500	20 400	93	125	1967
Братская им. 50-летия Великого Октября	4500	18×250	22 600	96	125	1961
Усть-Илимская	4320	18×240	21 900	85	105	1976
Нурекская	3000	9×330	11 200	223	315	1972
Волжская им. XXII съезда КПСС	2541	22×115; 1×11	11 100	19	44	1958
Волжская им. В. И. Ленина	2300	20×115	10 100	19	40	1955
Днепрогэс им. В. И. Ленина	1536	9×72; 6×113; 2×105	4140	35,4	62	1932
Чебоксарская	1404	18×78	3500	12,4	36	1980
Саратовская им. Ленинского комсомола	1360	1×10; 21×60; 2×45	5400	19,7	40	1968
Ингурская	1300	5×260	4430	325	271	1978
Зейская им. 60-летия Ленинского комсомола	1290	6×215	4900	78,5	115,5	1976
Нижнекамская	1248	16×78	2540	12,4	30	1980
Токтогульская	1200	4×300	4400	140	215	1976
Воткинская	1020	8×100; 2×110	2320	19	44,5	1961
Чиркейская	1000	4×250	2470	170	233	1974

361. Сооружаемые гидроэлектростанции мощностью более 500 МВт

ГЭС	Река	Мощность, МВт	Число агрегатов	Производство энергии, ТВт·ч/год	Расчетный напор, м	Высота плотины, м
Богучанская	Ангара	4000	12	17,8	65,5	77
Бурейская	Бурея	2000	6	6,8	103	14
Днестровская	Днестр	696	6	0,8	40	60
Иргечайская	Аварское Койсу	800	4	1,3	168	110
Камбаратинская № 1	Нарын	1600	4	4,6	166,5	265
Курейская	Курейка	600	5			
Курпсайская	Нарын	800	4	2,6	91	115
Рогунская	Вахш	3600	6	13,3	245	335
Худонская	Ингури	740	3	1,7	152	197
Чарвакская	Чирчик	600	4	2,0	118	168
Шульбинская	Иртыш	702	6	1,7	23,5	40

Примечание. В Бразилии на реке Парана продолжается сооружение крупнейшей в мире ГЭС — Итайпу 15 действующих (на 1.1.1990 г.) гидроагрегатов станции имеют мощность 10,5 млн. кВт (ее проектная мощность составляет 12,6 млн. кВт).

362. Действующие и сооружаемые гидроаккумулирующие электростанции

ГАЭС	Река	Мощность, МВт	Число агрегатов	Максимальный напор, м	Длина и сечение (Д) водовода, м	Нижний бассейн ГАЭС
Киевская**	Днепр	230	3	70,5	270; Д=3,8	Водохранилище Киевской ГЭС
Загорская***	Кунья	1200	6	113	730; Д=7,5	Специальное водохранилище
Кайшядорская	Неман	1600	8	90	750; Д=7,5	Водохранилище Каунасской ГЭС
Каневская	Днепр	3600	16	112,5	800; Д=7,5	Водохранилище Каневской ГЭС
Ленинградская	Шапша	600	8	93	...; Д=7,5	Специальное водохранилище
Днестровская	Днестр	2000	10	152	...	Специальное водохранилище

* В генераторном режиме
** Работает с 1973 г.
*** В 1988 г. пущено два агрегата.

363. Тепловые электростанции мощностью 3000 МВт и более

Электростанция	Установленная мощность, МВт	Число и мощность установленных агрегатов, шт.·МВт	Потребляемое топливо	Год ввода на указанную мощность
Экибастузская ГРЭС-1	4000	8×500	Уголь	1985
Рефтинская	3800	6×300; 4×500	Уголь	1980
Костромская	3600	8×300; 1×1200	Мазут	1980
Запорожская	3600	4×300; 3×800	Уголь, мазут	1977
Углегорская	3600	4×300; 3×800	Уголь, мазут	1977
Сургутская-1	3324	14×210; 2×180; 2×12	Газ	1985
Криворожская	3000	10×300	Уголь	1973
Сырдарьинская	3000	10×300	Газ, мазут	1981

Примечание: К 1.1.1988 г. в стране действовало 58 тепловых электростанций единичной мощностью более 1000 МВт и 28 ТЭС мощностью более 2000 МВт.

364. Мощные паровые турбины

Показатели	Мощность турбины, МВт			
	300	500	800	1200
Давление свежего пара, МПа (ат)	23,5 (240)			
Температура пара, °С	560		540	
Расход пара турбиной, т/ч	853	1480	2410	3660
Частота вращения ротора, мин$^{-1}$ (об/мин)	3000			
Давление пара в конденсаторе, кПа (ат)	3,4	(0,035)	3,9 (0,04)	3,6 (0,037)
Длина турбины, м	21,9	27,7	39,5	47,9
Масса турбины, т	625	905	1300	1900

365. Мощные турбогенераторы

Показатели	Мощность турбогенератора, МВт			
	300	500	800	1200
Напряжение, кВ	20		24	
Коэффициент мощности (cos φ)	0,85		0,9	
Частота вращения ротора, мин$^{-1}$	3000			
КПД турбогенератора, %	98,7		98,8	98,9
Длина турбогенератора (с возбудителем), м	15,5	17,3	20,4	24,6
Наружный диаметр статора, м	4,8	4,9	5,6	6,0
Масса турбогенератора, т	350	384	586	610
Охлаждение	Водородное	Водородно-водяное		

366. Параметры гидротурбин крупных гидроэлектростанций

Гидроэлектростанции	Расчетный напор, м	Мощность турбины, МВт	Частота вращения рабочего колеса		Диаметр рабочего колеса, м	Расход воды, $м^3/с$	Масса турбины, т
			$с^{-1}$ (об/с)	$мин^{-1}$ (об/мин)			
Асуанская (АРЕ)	70	184	1,7	100	6,3	347,5	1400
Братская	96	250	2,1	125	5,5	257	628
Бухтарминская	61	77	2,1	125	4,1	142	354
Волжские им. В. И. Ленина и XXII съезда КПСС	19	115	1,1	68,2	9,3	713	1450
Воткинская	19	107	1,0	62,5	9,3	710	1190
Горьковская	12,2	60	1,0	62,5	9,0	585	1100
Грэнд-Кули (США)	102	97	2,0	120	4,7	...	520
Джон Дей (США)	28,9	142	1,3	78,3	7,4	...	950
Днепровская	36	72	1,5	83,3	5,5	250	508
Днепровская (2-я очередь)	34,3	105; 113	1,8	107,1	...	...	...
Днепродзержинская	9,9	45	0,9	51,7	9,3	552	976
Иркутская	26	87	1,5	83,3	7,2	410	790
Камская	16	21,8	2,1	125	4,5	162	...
Каховская	13,8	55	1,0	62,5	8,0	485	875
Киевская	7,7	18,5	1,5	85,7	6,0	256	...
Красноярская	93	508	1,6	93,8	7,5	600	1400
Кременчугская	14,7	60	1,0	62,5	8,0	490	783
Новосибирская	14,3	58,6	1,0	62,5	8,0	500	848
Нурекская	230	330	3,6	214	4,8	155	462
Плявиньская	34	85	1,9	88,3	6,0	280	1000
Портидж-Маунтин (Канада)	155	235	2,7	164	4,8	...	450
Роберт-Мозес (США)	25	60	1,6	94,7	5,7	...	480
Саратовская	9,7	60	0,9	50	10,3	705	1200
Саяно-Шушенская	194	640	2,4	142,8	6,8	358	1211
Чарвакская	118	156	2,8	166,7	5,0	...	300

Примечание. Данные о гидрогенераторах, работающих с указанными в таблице гидротурбинами, см. в табл. 367.

367. Параметры гидрогенераторов некоторых крупных гидроэлектростанций

Гидроэлектростанции	Мощность гидрогенератора, МВ·А	cos φ	Масса ротора гидрогенератора, т	Масса гидрогенератора, т
Асуанская (АРЕ)	206	0,85	700 (с валом)	1350
Братская	294	0,85	654	1928
Бухтарминская	93,5	0,80	327	1012
Волжские им. В. И. Ленина и XXII съезда КПСС	128	0,90	767	1410
Воткинская	118	0,85	522	1170
Горьковская	71,5	0,80	513	1080
Грэнд-Кули (США)	94	1,00	410	840
Джон Дей (США)	135	0,95	810	1860
Днепровская	88	0,80	500	986
Днепровская (2-я очередь)	128,7	0,80	...	...
Днепродзержинская	55	0,80	454	803
Иркутская	103,5	0,80	469	1130
Камская	26,3	0,80	261	697
Каховская	65	0,80	452	1071
Киевская	19,9	0,93		170
Красноярская	590	0,85	800 (с валом)	1650
Кременчугская	72,0	0,80	440	940
Новосибирская	72,0	0,80	452	940
Нурекская	388	0,85	600	1400
Плявиньская	97	0,85	416 (с валом)	1860
Портидж-Маунтин (Канада)	240	0,95	530	1290
Роберт-Мозес (США)	60	0,95	420	1020
Саратовская	67,3	0,85	502	850
Саяно-Шушенская	710	0,90	920	ок. 1750
Чарвакская	176	0,85	415	1250

Примечание. Данные о гидротурбинах, работающих с указанными в таблице гидрогенераторами, см. в табл. 366.

368. Коэффициенты полезного действия некоторых мощных гидрогенераторов

Год выпуска гидрогенератора	Мощность гидрогенератора		КПД гидрогенератора, %	ГЭС, на которой установлены гидрогенераторы
	кВ·А	кВт		
1926	8 750	7 000	95,8	Волховская им. В. И. Ленина
1932	88 000	72 000	97,6	Днепровская им. В. И. Ленина
1953	128 000	115 000	97,3	Волжская им. В. И. Ленина
1957	103 500	82 800	97,5	Иркутская
1960	264 700	225 000	98,2	Братская им. 50-летия Великого Октября
1964	590 000	500 000	98,25	Красноярская им. 50-летия СССР
1966	67 300	57 200	97,2	Саратовская им. Ленинского Комсомола
1982	710 000	640 000	98,3	Саяно-Шушенская

369. Атомные электростанции СССР

АЭС	Число и тип реакторов	Начало работы
Белоярская	1×водографитовый-200	1967
	1×БН-600	1980
Нововоронежская	1×ВВЭР-365; 2×ВВЭР-440, 1×ВВЭР-1000	1969
Кольская	4×ВВЭР-440	1973
Ленинградская	4×РБМК-1000	1973
Шевченковская*	1×БН-350	1973
Билибинская	4×водографитовые-12	1974
Курская	4×РБМК-1000	1976
Чернобыльская	3×РБМК-1000	1977
Ровенская	2×ВВЭР-440, 1×ВВЭР-1000	1980
Южно-Украинская	3×ВВЭР-1000	1982
Смоленская	3×РБМК-1000	1982
Игналинская	2×РБМК-1500	1983
Калининская	2×ВВЭР-1000	1984
Запорожская	5×ВВЭР-1000	1984
Балаковская	3×ВВЭР-1000	1985
Хмельничцкая	1×ВВЭР-1000	1987

* Примерно 130—150 МВт мощности реактора идет на выработку электроэнергии, остальная часть — на опреснение морской воды (до 120 000 $м^3$ в сутки).

Примечание. Крупнейшая АЭС мира — Фукусима (Япония). 10 ее энергоблоков имеют мощность 9,1 млн. кВт.

370. Атомные энергетические реакторы

*Водоводяные энергетические реакторы (ВВЭР)**

В таблице приводятся основные данные о водоводяных реакторах, работающих по двухконтурной схеме (вода под давлением проходит по первому контуру через активную зону реактора, нагревается и поступает в парогенераторы, где отдает теплоту воде, циркулирующей во втором контуре, последняя нагревается и закипает, насыщенный пар направляется в паровые турбины).

В настоящее время основой развития атомной энергетики в нашей стране являются энергоблоки с реактором ВВЭР-1000.

Показатели	ВВЭР-210	ВВЭР-365	ВВЭР-440	ВВЭР-1000
Тепловая мощность, МВт	760	1 320	1 375	3 000
Электрическая мощность, МВт	210	365	440	1 000
Давление воды в первом контуре, МПа (ат)	9,8 (100)	10,3 (105)	12,2 (124)	15,7 (160)
Давление насыщенного пара перед турбиной, МПа (ат)	2,8 (29)	2,8 (29)	4,3 (44)	5,9 (60)

* В водоводяных атомных реакторах замедлителем и теплоносителем является обычная обессоленная вода.

Показатели	ВВЭР-210	ВВЭР-365	ВВЭР-440	ВВЭР-1000
Температура воды на входе в реактор, °С	250	250	269	289
Температура воды на выходе из реактора, °С	269	275	300	324
Скорость движения воды (теплоносителя) в первом контуре, м/с	2,9	3,4	2,7	4,9
Расход воды через реактор, $м^3/ч$	36 500	49 500	39 000	76 000
Диаметр стального герметического корпуса реактора, м	3,8	3,8	3,8	4,3
Высота корпуса, м	11,2	12,0	11,8	10,8
Масса корпуса реактора, т	187	195	200	270
Диаметр активной зоны, м	2,9	2,9	2,9	3,1
Высота активной зоны, м	2,5	2,5	2,5	3,5
Загрузка горючего (оксид урана (IV)), т	38	40	42	66
Обогащение горючего ураном-235*, %	2,0	3,0	3,3	4,4
Кампания реактора**, лет		ок. 3	ок. 3	ок. 3
КПД, %	27,6	27,6	32	33

* Обогащением урана называют увеличение в природном уране доли изотопа урана-235.

** Кампанией реактора называют время непрерывной работы реактора на полной мощности от одной перезарядки ядерным горючим до другой.

Водографитовые энергетические реакторы

В таблице приведены данные о водографитовых канальных реакторах большой мощности (РБМК). Эти реакторы работают по одноконтурной схеме, теплоносителем служит обычная кипящая вода под давлением, а замедлителем — графит.

Показатели	РБМК-1000	РБМК-1500
Тепловая мощность реактора, МВт	3200	4800
Электрическая мощность, МВт	1000	1500
Паропроизводительность, т/ч	8800	9600
Температура пара перед турбиной, °С	280	280
Давление пара перед турбиной, МПа (ат)	6,4 (65)	6,4 (65)
Диаметр активной зоны, м	11,8	11,8
Высота активной зоны, м	7	7
Число рабочих каналов	1693	1661
Загрузка урана, т	192	189
Обогащение горючего ураном-235, %	2	2
КПД, %	31,2	31,2

Водоводяные реакторы для атомных станций теплоснабжения (ВВЭР АСТ-500)

Тепловая мощность реактора, МВт	500
Параметры теплоносителя первого (радиоактивного) контура:	
давление, МПа	2
температура на входе в активную зону, °С	131
температура на выходе из активной зоны, °С	208
Параметры теплоносителя второго (нерадиоактивного) контура:	
давление, МПа	1,2
температура на входе в теплообменник, °С	90
температура на выходе из теплообменника, °С	160
Параметры теплоносителя третьего (нерадиоактивного контура:	
давление, МПа	2
температура сетевой воды, °С	150
Теплоноситель	обычная вода

*Реакторы на быстрых нейтронах**

В таблице приведены основные данные об отечественных реакторах на быстрых нейтронах.

Показатели	БН-800	БН-350	БН-600
Тепловая мощность реактора, МВт	2100	700	1470
Электрическая мощность, МВт	800	130	600
Теплоноситель первого и второго контуров	натрий	натрий	натрий
Температура натрия первого контура, °С:			
на входе в реактор	354	300	377
на выходе из реактора	547	500	550
Расход натрия в первом контуре, т/ч	31 000	14 000	24 000
Температура натрия второго контура, °С:			
на входе в теплообменник	505	273	372
на выходе из теплообменника	310	453	520
Параметры пара на входе в турбину:			
давление, МПа (ат)	13,7 (140)	4,9 (50)	13,7 (140)
температура, °С	490	440	510
Размеры активной зоны реактора, м:			
диаметр	...	1,1	2,0
высота	...	1,5	0,8
Длительность кампании, сут	120	250	450
КПД, %	38	35	41

Примечание. См. табл. 369.

* Реакторы на быстрых нейтронах (их часто называют быстрыми реакторами) позволяют осуществлять расширенное воспроизводство ядерного горючего, вовлекая в топливный цикл не только уран-235, но и уран-238, а также торий.

371. Первая в мире промышленная атомная электростанция (СССР).

Мощность турбогенератора станции, кВт	5500
Общая масса загрузки реактора станции ураном, кг	550*
Расход урана-235 в сутки, г	30
Замедлитель нейтронов	графит
Толщина слоя воды боковой водяной защиты, см	300
Размеры реактора, м:	
диаметр	3
высота	4,5
Диаметр активной зоны, м	1,5
Высота активной зоны, м	1,7
Теплоноситель	вода под давлением 10 МПа (100 ат)
Максимальная температура графита в отдельных точках реактора, °С	700
Давление пара, МПа (ат)	1,25 (12,5)
Температура пара, °С	270
Время, необходимое для запуска реактора, ч	3
КПД электростанции, %	15—17
Начало эксплуатации	27 июня 1954 г.

Примечание Реактор цилиндрической формы сложен из графитовых блоков. Кожух реактора стальной, герметический.

* В том числе 27,5 кг изотопа урана-235.

372. Термоядерные установки

В таблице приведены некоторые параметры термоядерных установок с магнитными ловушками типа токамак (а) и типа стелларатор (б), созданных или создаваемых в СССР. Принятые обозначения: R — большой радиус тора; r — малый радиус; B — магнитная индукция; J — сила тока в плазме; τ — время удержания энергии; T — температура плазмы, $n\tau$ — параметр удержания плазмы.

Название установки	R, см	r, см	B, Тл	J, кА	τ, с	T, К	$n\tau$, $см^{-3}\cdot с$
				а			
Т-4	90	17	4,5	250	0,02	$7\cdot10^6$	10^{12}
Т-7*	122	35	2,5	3000	0,02—0,03	$20\cdot10^6$	...
Т-10	150	37	4,5	650	0,06	$90\cdot10^6$	$3,6\cdot10^{12}$
Т-15**	240	70	3,5	1500	0,3—0,5	$50—100\cdot10^6$	до 10^{14}
ОТР***	550	110	6	5600	. .	$1,2\cdot10^8$	....
Интор****	520	140	5,5	6400	1,4	10^8	$2,5\cdot10^{14}$
				б			
Ураган-2	110	6,7	2	—	$4\cdot10^{-3}$	$6\cdot10^6$	$4\cdot10^{10}$
Ливень-2	100	11	1,3	—	0,01—0,02	$1,1\cdot10^6$	$2\cdot10^{11}$
Ураган-3	100	13,5	2,5	—	0,01—0,03	$5—30\cdot10^6$	до 10^{12}

* Первый в мире токамак со сверхпроводящими обмотками.
** Вступила в строй в начале 1990 г.
*** ОТР — опытный термоядерный реактор, находится в стадии проектирования.
**** В разработке международного проекта термоядерного реактора ИНТОР участвуют СССР, США, Япония и страны Евроатома.

373. Магнитогидродинамическая электростанция (МГДЭС)

МГД-электростанция сооружается на базе Рязанской ГРЭС. Состоит из двух блоков — собственно МГД-генератора, дающего электрический ток, и энергетического блока обычной тепловой электростанции, использующей для производства пара нагретые газы, отработавшие в канале МГД-генератора.

Общая электрическая мощность МГДЭС, МВт	582
В том числе:	
мощность МГД-генератора	270
мощность энергоблока обычной ТЭС	312
Топливо, используемое для работы МГДЭС	природный газ
Температура нагретого воздуха, подаваемого в камеру сгорания МГД-генератора, °C	170
Давление, под которым нагретый воздух подается в камеру сгорания, МПа	1
Температура продуктов горения (низкотемпературной плазмы), образующихся в камере сгорания при сжигании природного газа с ионизирующей присадкой, °C	2650
Расход присадки (поташ, K_2CO_3) т/ч	15
Скорость потока плазмы, поступающей из камеры сгорания в рабочий канал МГД-генератора, м/с	1300
Расход плазмы, кг/с	230
Длина рабочего канала МГД-генератора, м	30
Магнитная индукция в рабочем канале, Тл	5,8
Температура, при которой продукты сгорания (плазма) покидают рабочий канал и затем направляются в паровой котел, °C	2000

Примечание. Постройка паротурбинной части электростанции завершена, но строительство второй ее части — магнитогидродинамического генератора — временно прекращено. Это связано с необходимостью получения дополнительной информации, касающейся ресурса рабочего канала МГД-генератора, повышения уровня преобразования энергии в его канале, совершенствования сверхпроводящей магнитной системы.

374. Солнечная электростанция

В таблице приведены данные о первой экспериментальной паротурбинной солнечной электростанции СССР — СЭС-5. Станция расположена на Южном берегу Крыма (поселок Щелкино).

Электрическая мощность станции, МВт-5
Число плоских зеркальных отражателей (гелиостатов) —1600
Площадь поверхности одного гелиостата, м^2—25
Размеры одного гелиостата, м — 5×5
Общая площадь поверхности гелиостатов, м^2—40 000
Общая масса парогенератора (котла с водой, имеющего цилиндрическую форму), т — 160
Диаметр парогенератора, м — 7
Высота обогреваемой части парогенератора, м — 7
Площадь поверхности нагрева парогенератора, м^2—154
Высота башни, в верхней части которой установлен котел, м — 70
Паропроизводительность котла, т/ч, 30
Температура пара, °C — 250
Давление пара, МПа (ат) — 4 (40)
Расчетное число часов работы СЭС в год — 2000
Годовая выработка электроэнергии, ГВт·ч — 6
Общий КПД электростанции, % — 5—8

Солнечная радиация обладает наиболее крупным потенциалом среди возобновляемых источников энергии. По оценке специалистов тепловой поток солнечного излучения, достигающий поверхности Земли, составляет $1{,}5 \cdot 10^{24}$ Дж/год. Однако плотность этого потока сравнительно невелика: на границе с атмосферой Земли она

На рисунке 9 показана схема СЭС-5.

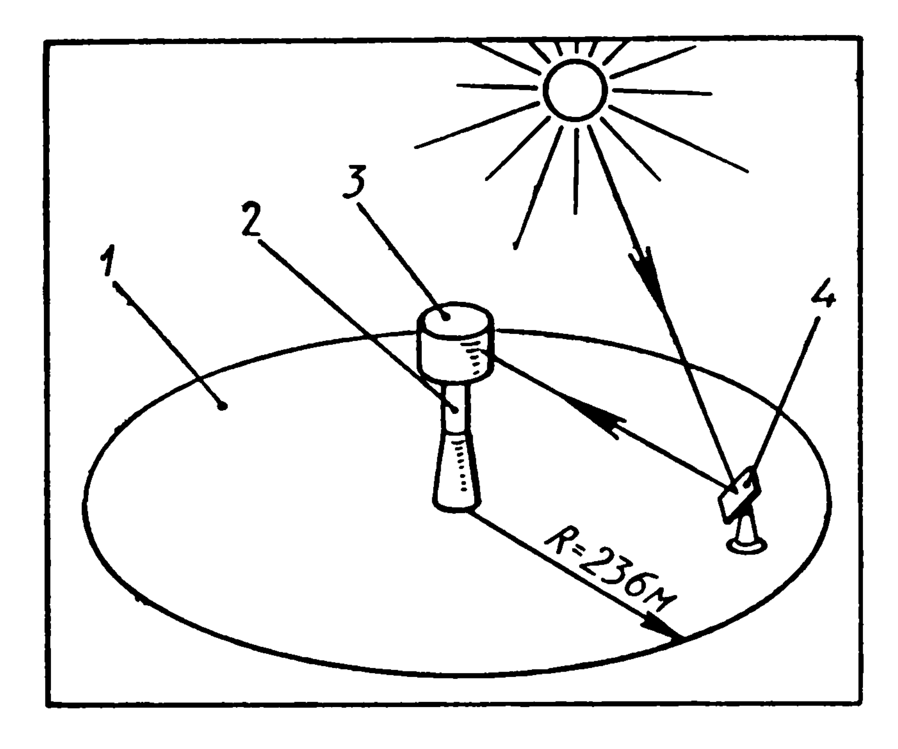


Рис. 9. Схема солнечной электростанции (СЭС-5):

1 — поле гелиостатов; *2* — башня солнечного парогенератора; *3* — цилиндрический парогенератор (котел); *4* — один из гелиостатов СЭС.

составляет 1373±20, а на ее поверхности в среднем 240 Вт/м^2 (в районе сооружения СЭС-5—770 Вт/м^2). В СССР наиболее перспективными условиями для строительства СЭС располагают республики Средней Азии, южные районы Казахстана, Закавказье и Забайкалье.

Примечание. 1. Гелиостаты СЭС-5 располагаются по концентрическим окружностям вокруг башни.

2. Гелиостаты оборудованы системами автоматического слежения за положением Солнца на небосводе.

375. Геотермальная электростанция (ГеоТЭС)

В таблице приведены данные о первой в стране ГеоТЭС — Паужетской, сооруженной на юге Камчатского полуострова. На станции насыщенный пар из пробуренных скважин направляется в сепаратор, а затем непосредственно в паровые турбины.

Мощность одной турбины, МВт — 2,5
Число турбин — 2
Число пробуренных скважин, питающих паром турбины — 8
Глубина скважин, м — 400

Рабочее давление пара, МПа — 0,12
Год пуска ГеоТЭС — 1967
Себестоимость электроэнергии коп/кВт·ч — 7

Примечания. 1. С 1971 г. станция работает с полной автоматизацией, без дежурного персонала.

2. В настоящее время мощность станции увеличена и составляет 11 МВт.

3. На Камчатке на базе Мутновского геотерминального месторождения (его природным теплоносителем является сухой насыщенный пар температурой до 270 °С (или пароводяная смесь) намечено строительство ГеоТЭС мощностью 200 МВт.

4. Высокопотенциальные парогидротермы на глубинах до 3 км имеются на Камчатке, Курильских островах и Сахалине. В этих районах их можно использовать не только для теплоснабжения, но и для производства электроэнергии с обычными паровыми турбинами. По оценкам запасы парогидротерм только Дальнего Востока могут обеспечить работу ГеоТЭС общей мощностью 1000—1500 МВт.

5. В 1985 г. в 17 странах мира эксплуатировалось 188 ГеоТЭС общей мощностью 4764 МВт. По имеющимся прогнозам мощность ГеоТЭС в мире на уровне 2000 г. достигнет 17 600 МВт.

376. Ветроэлектрические станции

Показатели	АВЭУ-1	АВЭУ-4	АВЭУ-6	АВЭС-0,1
Номинальная мощность генератора, кВт	1	2	4	0,16
Скорость ветра для получения номинальной мощности, м/с	6	7,5	9,5	8
Диаметр ветроколеса, м		6		2
Число лопастей ветроколеса		2		
Высота башни до оси вращения, м		6,4		5,4

Запасы ветроэнергоресурсов на территории СССР оцениваются в 8·10^{12} кВт×ч/год.

377. Приливные электростанции (ПЭС) СССР

Название ПЭС и степень готовности	Средняя высота плотины, м	Длина плотины, км	Число гидротурбин	Мощность ПЭС, МВт	Годовое производство энергии, ТВт·ч	Место расположения ПЭС
Кислогубская (действует с 1968 г.)	2,3	0,032	1	0,4	0,001	Побережье Кольского полуострова (вблизи г. Мурманска)
Кольская (проектируется)	3,3	0,87	2	38	0,045	Кольский полуостров
Лумбовская*	4,2	8	64	670	2	Мурманское побережье Баренцева моря
Тугурская*	4,7	35	1360	10 300	27,6	Тугурский залив (южная часть Охотского моря)
Мезенская*	6	92,9	800	15 200	87,4	Мезенский залив на европейском побережье Белого моря

Примечание. На приливной электростанции используется напор воды, создаваемый перепадом уровней воды во время прилива и отлива. Наибольшая в мире высота прилива наблюдается на берегу залива Фанди в Атлантическом океане — до 17 м. Строительство ПЭС ограничивается главным образом их высокой стоимостью. Наиболее мощная ПЭС (240 МВт) действует во Франции (Ранская). Мировые потенциальные ресурсы приливной энергии оцениваются в $6{,}3 \cdot 10^{19}$ Дж/год.

* Проект станции обосновывается.

378. Электрификация сельского хозяйства

Показатели	1940 г	1950 г	1960 г.	1970 г.	1980 г	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Всего потреблено электроэнергии в сельском хозяйстве ТВт·ч (млрд. кВт·ч)	0,54	1,54	9,97	38,55	110,88	145,66	152,05	160,4	166,85
Число электродвигателей, тыс. шт.:									
в колхозах ...	...	56	453	2410	5563	6665	6884	7055	...
в совхозах ...	...	49	321	2350	7231	8941	9146	9602	...
Электровооруженность труда в сельском хозяйстве, кВт·ч ...		..	160	808	2745	3574	3760	4121	4405

* Электровооруженность труда — экономический показатель степени электрификации производства. Определяется как отношение электрической энергии, используемой в производственном процессе, к численности работающих. Является фактором роста производительности труда.

379. Технические данные легковых автомобилей

Показатели	«Ока» (ВАЗ-1111)	ЛуАЗ-969М	«Запорожец» (ЗАЗ-968М)	«Таврия» (ЗАЗ-1102)	«Жигули» ВАЗ-2106	«Жигули» ВАЗ-2107	«Жигули» ВАЗ-2108 (2109)	«Нива» (ВАЗ-2121)	«Москвич» 2140	«Москвич» 2141	УАЗ-469	«Волга» ГАЗ-24-10	«Волга» ГАЗ-3102	ЗИЛ-4104
Максимальная скорость, км/ч . . .	120	90	118	135	154	152	148	132	142	153	100	147	152	190
Число мест . .	4	4	4	4—5	5	5	5	4—5	4—5	5	7+ +100 кг	5	5	7
Собственная масса*, кг	605	960	840	710	1045	1030	900 (915)	1150	1045	1070	1650	1420	1470	3335
Максимальная мощность двигателя: кВт . . .	22	29,4	30,2	37,5	58,8	56,6	47	58,8	55,2	56,3	55,2	74	77,2	231,8
л. с. . . .	30	40	41	51	80	77	64	80	75	76	75	100	105	315
Диаметр цилиндра, мм	76	76	76	72	79	76	76	79	82	79	92	92	92	108
Ход поршня, мм	71	66	66	67	80	80	71	80	70	80	92	92	92	105
Число цилиндров	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8
Рабочий объем цилиндров, л	0,65	1,2	1,2	1,09	1,57	1,45	1,3	1,57	1,48	1,57	2,45	2,45	2,45	7,68

* Собственная масса — масса автомобиля без нагрузки, но в снаряженном состоянии (т. е. с топливом, запасным колесом, охлаждающей жидкостью, инструментом).

Продолжение

Показатели	«Ока» (ВАЗ-1111)	ЛуАЗ-969М	«Запорожец» (ЗАЗ-968М)	«Таврия» (ЗАЗ-1102)	«Жигули»			«Нива» (ВАЗ-2121)	«Москвич»		УАЗ-469	«Волга»		ЗИЛ-4104
					ВАЗ-2106	ВАЗ-2107	ВАЗ-2108 (2109)		2140	2141		ГАЗ-24-10	ГАЗ-3102	
Максимальный крутящий момент, Н·м	44	74,5	74,5	78,5	121,6	105,9	94,1	121,6	107,9	121	166,7	182	182	608
Степень сжатия	9,6	7,2	7,2	9,5	8,5	8,5	9,9	8,5	8,8	8,5	6,7	8,8	8,0	9,3
Давление в шинах передних колес:														
МПа . .	0,19	0,17	0,14	0,18	0,16	0,16	0,20	0,18	0,17	0,20	0,17	0,17	0,20	0,21
$кг/см^2$ . .	1,9	1,7	1,4	1,8	1,6	1,6	2,0	1,8	1,7	2,0	1,7	1,7	2,0	2,1
Давление в шинах задних колес:														
МПа . .	0,19	0,17	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,17	0,17	0,21	0,19	0,17	0,20	0,23
$кгс/см^2$.	1,9	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	1,7	1,7	2,1	1,9	1,7	2,0	2,3
Длина автомобиля, мм	3200	3390	3765	3708	4166	4128	4006	3720	4250	4350	4025	4735	4960	6339
Ширина автомобиля, мм	1420	1610	1490	1554	1611	1620	1620	1680	1550	1690	1785	1800	1846	2088
Высота автомобиля, мм	1350	1770	1370	1410	1440	1446	1335	1640	1480	1400	2050	1476	1476	1500

Примечания. 1. Время разгона автомобилей с места до скорости 100 км/ч см. в табл. 50.
2. Двигатели всех названных автомобилей — карбюраторные, четырехтактные.

380. Технические данные грузовых автомобилей

Показатели	УАЗ-3303	ГАЗ-52-04	ГАЗ-53-12	Урал-4320	ЗИЛ-431 410 (ЗИЛ-130)	КамАЗ-5320	ЗИЛ-ММЗ-555
Максимальная скорость, км/ч	100	70	80	85	90	80	90
Собственная масса, кг	1670	2520	3250	8020	4380	8000	4570
Грузоподъемность, кг	800	2500	4500	5000	6000	10 000	5250
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	57 (77)	55 (75)	88 (120)	154 (210)	110 (150)	154 (210)	110 (150)
Число цилиндров	4	6	8	8	8	8	8
Диаметр цилиндра, мм	92	82	92	120	100	120	100
Ход поршня, мм	92	110	80	120	95	120	95
Рабочий объем цилиндров, л	2,44	3,48	4,25	10,85	6,0	10,85	6,0
Степень сжатия	6,7	6,7	6,7	17	6,5	17	6,5
Крутящий момент, Н·м (кгс·м)	167 (17)	206 (21)	284 (29)	637 (65)	402 (41)	637 (65)	402 (41)
Применяемое топливо	А-76	А-76	А-76	Дизельное	А-76	Дизельное	А-76
Расход топлива, л/100 км (при скорости, км/ч)	11,4 (60)	20 (50)	23,4 (60)	26 (40)	26,5 (60)	24 (60)	29 (50)
Давление в шинах, МПа (ат):							
передних колес	0,20 (2,0)	0,89 (3,0)	0,34 (3,5)	0,31 (3,2)	0,46 (4,7)	0,72 (7,3)	0,46 (4,7)
задних колес	0,22 (2,2)	0,34 (3,5)	0,52 (5,3)	0,31 (3,2)	0,64 (6,5)	0,49 (5,0)	0,64 (6,5)
Длина автомобиля, мм	4467	5708	6395	7366	6675	8530	5475
Ширина » »	2044	2280	2380	2500	2500	2500	2420
Высота » »	2070	2150	2270	2870	2400	3650	2350

381. Технические данные автобусов

Показатели	УАЗ-2206-01	РАФ-2203	ЛАЗ-655Н	ЛАЗ-4202	ЛАЗ-42 021	ЛиАЗ-677МБ	ЛиАЗ-5256
Максимальная скорость, км/ч	100	120	85	75	90	70	70
Число мест для сидения	10	11	34	25	31	34	28
Собственная масса*, кг	1870	1750	6800	8600	9000	8960	9500
Полная масса, кг	2740	2710	11 630	15 200	13 600	15 388	17 925
Мощность, кВт (л. с.)	57 (77)	70 (95)	110 (150)	132 (180)	154 (210)	132 (180)	144 (195)
Число цилиндров	4	4	8	8	8	8	8
Диаметр цилиндра, мм	99	99	100	120	120	108	120
Ход поршня, мм	99	99	95	120	120	95	120
Рабочий объем цилиндров, л	2,5	2,5	6,0	10,85	10,85	7,0	10,85
Крутящий момент, Н·м (кгс·м)	167 (17)	186 (19)	402 (41)	540 (65)	637 (65)	466 (47,5)	685 (70)
Топливо (марка бензина)	А-76	АИ-93	А-76	Дизельное		А-76	Дизельное
Расход топлива, л/100 км (в скобках — при скорости км/ч)	11,4 (60)	10,8 (80)	31,9 (60)	17,3 (40)	22,3 (60)	35,0 (40)	21 (40)
Габариты автобуса, мм:							
длина	4460	4940	9190	9700	9700	10 530	11 400
ширина	1940	2210	2500	2500	2500	2500	2500
высота	2101	1970	3060	2860	3008	3033	2935

* См. сноску в табл. 379.

382. Технические данные газобаллонных автомобилей

Показатели	ГАЗ-24-07 («Волга»)	ГАЗ-52-07	ЗИЛ-431 810 (ЗИЛ-138)	ЛиАЗ-677Г (автобус)	ЗИЛ-431 610 (ЗИЛ-138А)	ГАЗ-52-27	ГАЗ-53-27
Максимальная скорость, км/ч	135	70	90	70	80	70	80
Грузоподъемность, кг	5*	2500	6000	До 110*	5500	2400	4000
Собственная масса**, кг	1045	2520	4495	8460	4980	2855	3830
Мощность при работе на газе, кВт (л. с.)	59 (80)	55 (75)	110 (150)	118 (160)	90 (122)	48,5 (65)	73,5 (100)
Число цилиндров	4	6	8	8	8	6	8
Диаметр цилиндра, мм	92	82	100	108	100	82	92
Ход поршня, мм	92	110	95	95	95	110	80
Рабочий объем цилиндров, л	2,44	3,48	7,0	6,0	3,77	3,77	4,25
Степень сжатия	6,7	7,0	7,4	6,5	7,0	7,0	6,7
Крутящий момент, Н·м (кгс·м)	147 (15)	206 (21)	382 (33)	441 (45)	294 (30)	182,4 (18,6)	236 (24)
Топливо	Сжиженный газ				Сжатый газ		
Число баллонов для топлива	1	1	1	2	8	4	7
Вместимость баллонов, л	84	142	225	390	80	40	70
Рабочее давление в баллоне, МПа (ат)	1,6 (16)	1,6 (16)	1,6 (16)	19,6 (200)	19,6 (200)	19,6 (200)	19,6 (200)
Контрольный расход топлива на 100 км пути	6,5 л	14 л	45 л	68 л	35 м³	14,8 м³	25 м³

Примечания 1. Газобаллонные автомобили работают или на сжиженных нефтяных газах (бутане, пропане — эти газы легко сжижаются при обычных температурах и небольших давлениях), или на сжатом природном газе, главной составной частью которого является метан (основные свойства этих углеводородных газов приведены в табл. 202).

2. Применение газомобилей служит важным средством экономии нефтяных топлив и улучшения экологической обстановки: одни из основных источников загазованности воздушной среды городов — транспортные средства с двигателями внутреннего сгорания. Вредные выбросы автомашин, работающих на бензине, в среднем в 3 раза больше, чем работающих на природном газе.

3. Производство газомобилей резко увеличивается. Их число к концу нынешней пятилетки будет в стране в 10 раз больше, чем в начале пятилетки. В 10 раз увеличивается выпуск автомобилей, работающих на сжиженном газе — пропан-бутане.

* Общее число мест.
** См. сноску в табл. 379.

383. Технические данные дорожных мотоциклов

Показатели	ММВЗ-3.112	«Восход-3М»	Иж«Планета-5»	Иж«Юпитер-5»	ЯВА-350 (634/4)	«Урал» М-67 (с коляской)	«Днепр» МТ-10 (с коляской)
Максимальная мощность двигателя, кВт (л.с.)	8,8(12)	10,3(14)	16(22)	17,6(24)	14,7(20)	26,5(36)	26,5(36)
Тип двигателя*	2 т	2 т	2 т	2 т	2 т	4 т	4 т
Число цилиндров	1	1	1	2	2	2	2
Диаметр цилиндра, мм	52	62	72	62	58	78	78
Ход поршня, мм	58	58	85	58	65	68	68
Рабочий объем, см³	123,5	173,7	346	347	343	649	649
Степень сжатия	10,5	9,5	8,7—9,2	9,3	9,2	7,0	7,5
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, c^{-1}	105,0—115,6	91,7—96,7	81,3—88,3	80,0—83,3	87,5	93,3	91,7
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м)	11,8(1,2)	15,7(1,6)		34,3(3,5)	29,4(3)	44(4,5)	47(4,8)
Наибольшая скорость, км/ч	95	105	120	125	120	105	100
Давление в шинах, МПа (ат):							
переднее колесо	0,12(1,2)	0,15(1,5)	0,15 (1,5)	0,15(1,5)	0,12(1,2)	0,15(1,5)	0,15(1,5)
заднее колесо	0,15(1,5)	0,20(2,0)	0,21 (2,1)	0,20(2,0)	0,15(1,5)	0,26(2,6)	0,20(2,0)
Расход топлива на 100 км пути, л	3,3	4,4	5,5	5,9	...	8,0	8,0
Вместимость топливного бака, л	11	13	17	17	16	20	21
Масса незаправленного мотоцикла, кг	104,5	125	158	160	155	330	335
Длина мотоцикла, мм	2100	2000	2200	2170	2080	2480	2430
Высота мотоцикла, мм	1000	1090	1200	1170	1065	1100	1080

* Указанные в таблице мотоциклы имеют карбюраторный двигатель, 2 т — двухтактный, 4 т — четырехтактный.

384. Технические данные мопедов и мотороллеров

	Мокики	Мопеды		Мотороллеры		
	«Мини» «Дельта» «Карпаты»	«Рига-13»	«Верховина-3»	«Вятка-3»	«Турист-М»	«Тулица»
Масса (без нагрузки), кг	55	42	55	119	145	140
Максимальная скорость, км/ч	40	40	40	80	90	100
Максимальная мощность двигателя, кВт (л.с.)	1,3(1,8)	0,9(1,3)	1,6(2,2)	5,5(7,5)	8,8(12)	10,3(14)
Диаметр цилиндра, мм	38	38	38	57	62	62
Ход поршня, мм	44	40	44	58	66	66
Рабочий объем цилиндра, см^3	49,8	45	49,8	148	199	199
Давление в шинах, МПа (ат):						
переднее колесо	...	...	0,15(1,5)	0,08(0,8)	0,15(1,5)	0,10(1,0)
заднее колесо	...	...	0,15(1,5)	0,20(2,0)	0,25(2,5)	0,15(1,5)

385. Первый отечественный автомобиль

Модель и тип автомобиля	АМО-Ф-15 (грузовой)
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	26(35)
Число цилиндров	4
Диаметр цилиндра, мм	100
Ход поршня, мм	140
Рабочий объем цилиндра, л	1,1
Частота вращения коленчатого вала:	
$с^{-1}$ (об/с)	23,3
$мин^{-1}$ (об/мин)	1400
Грузоподъемность, т	1,5
Масса снаряженного автомобиля, т	1,9
Максимальная скорость, км/ч	42,5
Год выпуска	1924

386. Технические характеристики зерноуборочных комбайнов

Показатели	РСМ-8 «Дон-1200»	РСМ-10 «Дон-1500»	СК-5М «Нива»	СК-6-II «Колос»	СКД-5 «Сибиряк»
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	118(160)	162(220)	103(140)	110(150)	73,6(100)
Число цилиндров	4	6	4	6	4
Диаметр цилиндра × ход поршня, мм	120×140	120×140	120×140	130×115	120×140
Рабочий объем цилиндров, л.	6,3	9,5	6,3	6,3	6,3
Ширина захвата жатки, м	5; 6; 7; 8,6	5; 6; 7; 8,6	4,1; 5; 6	5; 6; 7; 8,6	3,2; 5; 6
Скорость движения, км/ч	0,8—24	0—23	1,0—20	1,0—18,7	1,2—21,1
Число молотильных барабанов	1	1	1	2	2
Диаметр барабана, мм	800	800	600	600	550
Частота вращения барабана, $мин^{-1}$	517—954	517—954	760—1235	750—1235; 78—1200	430—1390
Ширина молотилки, мм	1200	1500	1200	1500	1200
Пропускная способность, кг/с	8	10	5—6	6—7	5—5,5
Вместимость бункера для зерна, $м^3$	6	6	3	3	2,3
Вместимость копнителя, $м^3$	11	14	9	11	9
Габариты комбайна, мм:					
длина	10 915	10 915	11 515	11 520	9805
ширина	6340	6340	8230	8760	3500
высота	4000	4000	3900	4280	4000
Масса конструкционная, кг	11 500	12 800	8060	9532	7450

387. Технические данные гусеничных сельскохозяйственных тракторов

Показатели	Т-74	ДТ-75М	Т-4А	Т-130	ДТ-175С	Т-150
Номинальная мощность дизеля, кВт (л. с.)	55(75)	66(90)	96(130)	103(140)	122(165)	110(150)
Частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$	1700	1750	1600	1250	1900	2000
Число цилиндров	4	4	6	4	6	6
Диаметр цилиндра, мм	120	130	130	145	130	130
Ход поршня, мм	140	140	140	205	115	115
Рабочий объем цилиндров, л	6,30	7,45	11,15	13,53	9,15	9,15
Степень сжатия	17	16,5	16,5	14	15	15
Наибольший крутящий момент, Н·м	360	431	559	1020	760	650
Диапазон скоростей движения, км/ч	2,4—12,0	5,3—11,2	3,5—9,5	3,2—10,5	0—21	2,7—14,5
Диапазон тяговых усилий на крюке:						
кН	8,85—33,50	13,80—35,40	25,50—50,00	21,00—94,00	12,00—40,00	17,80—42,50
кгс	885—3350	1380—3540	2550—5000	2100—9400	1200—4000	1780—4250
Удельный расход топлива:						
г/(кВт·ч)	265	251	251	238	252	251
г/(л.с.·ч)	195	185	185	175	185	185
Масса конструкционная, кг	5570	6110	7960	13 080	7400	6980
Ширина гусеницы, мм	390	390	420	500	390	420
Давление на грунт:						
МПа	0,044	0,047	0,040	0,052	0,055	0,046
кгс/см^2	0,44	0,47	0,40	0,52	0,55	0,46
Габариты трактора, мм:						
длина	4315	4375	4540	4393	5000	4750
ширина	1845	1740	1952	2475	1850	1850
высота	2300	2333	2575	3087	2710	2462
Вместимость топливного бака, л	218	245	300	290	360	315

388. Технические данные колесных тракторов

Показатели	МТЗ-05 (мотоблок)	Т-16М (шасси)	Т-25А	Т-40М	МТЗ-100	Т-150К	К-701
Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.)	3,7 (5)	14,7 (20)	18,4 (25)	37 (50)	77 (104)	121 (165)	220 (300)
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, $мин^{-1}$	3000	1600	1800	1800	2200	2100	1900
Частота вращения вала отбора мощности, $мин^{-1}$	1000	533	549	570; 1070	545; 1010	537; 1012	1000
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	72×60	105×120	105×120	105×120	110×125	130×115	130×140
Степень сжатия	6	16,5	16,5	16,5	15,1	15	16,5
Число цилиндров	1	1	2	4	4	6	12
Рабочий объем цилиндров, л	0,25	2,08	2,08	4,15	4,75	6,15	22,30
Наибольший крутящий момент, Н·м (кгс·м)	...	103 (10,5)	120 (12,2)	235 (24)	335 (34,2)	637 (65)	1220 (124)
Диапазон расчетных скоростей движения, км/ч	2,1—9,6	4,9—20,6	6,4—21,9	6,9—30,0	0,4—34,3	8,5—30,1	2,9—33,7
Диапазон тяговых усилий на крюке:							
кН	До 1	6,9—1,4	7,6—1,0	10,7—6,6	14	34,3—10,2	63,7—13,7
кгс	До 102	700—141	774—106	1100—675	До 1430	3500—1025	6500—1400
Удельный расход топлива, г/кВт·ч (г/л.с.·ч)	448 (330)	258 (190)	258 (190)	258 (190)	238 (175)	252 (185)	238 (175)
Масса трактора эксплуатационная, кг	135*	1450	1725	2520	3750*	7750	13 500
Давление воздуха в шинах, МПа:							
передних колес	0,1	0,16—0,18	0,16—0,19	0,17—0,20	0,14—0,25	0,11—0,13	0,11—0,17
задних колес	0,1	0,08—0,11	0,08—0,12	0,10—0,12	0,08—0,14	0,09—0,11	0,11—0,17

* Конструкционная масса.

Показатели	МТЗ-05 (мотоблок)	Т-16М (шасси)	Т-25А	Т-40М	МТЗ-100	Т-150К	К-701
Габариты трактора, мм:							
длина	1800	3820	3038	3660	4035	5985	7400
ширина	850	2000	1710	2100	1970	2220	2880
высота	1070	1500	1200	2370	2800	2825	3550
Дорожный просвет, мм	300	560	450	500	465	412	545
Вместимость топливного бака, л	6,3	40	45	74	160	315	640

389. Механизация сельского хозяйства

(в процентах к общему объему данного вида работ)

Вид работы	1940 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Пахота	69	84	100	100	100	100	100	100	100
Сев зерновых культур . .	61	75	100	100	100	100	100	100	100
Сев сахарной свеклы . .	93	92	100	100	100	100	100	100	100
Сев хлопчатника	81	82	100	100	100	100	100	100	100
Уборка зерновых культур	47	53	92	100	100	100	100	100	100
Посадка овощей	...	...	...	62	63	68	66	62	62
Уборка хлопка	...	...	...	32	56	40	42	43	46
Доение коров	...	...	10	56	90	94	94	96	96
Подача воды на фермах:									
крупного рогатого скота	...	...	33	68	89	92	93	95	95
свиноводческих . . .	...	...	44	81	94	96	93	94	95
Раздача кормов на фермах:									
крупного рогатого скота	...	...	4	12	45	58	61	65	67
свиноводческих . . .	...	...	10	28	66	71	73	74	74

390. Парк тепловых машин в сельском хозяйстве страны

В таблице приведены данные о числе тепловых машин в сельском хозяйстве (в тыс. шт.), играющих основную роль в механизации полевых сельскохозяйственных работ.

	Годы							
	1928	1940	1945	1980	1985	1986	1987	1988
Тракторы	27	531	397	2646	2830	2844	2759	2692
Зерноуборочные комбайны . . .	2 шт.	182	148	699	804	805	774	751
Грузовые автомобили	0,7	228	62	1142	1327	1348	1350	1354

В 1988 г. агропромышленный комплекс получил более 339 тыс. тракторов, более 350 тыс. грузовых автомобилей, свыше 65 тыс. комбайнов.

391. Башенные подъемные краны

В таблице приведены технические параметры широко применяемых передвижных башенных подъемных кранов для механизации подъемно-транспортных работ в строительстве.

Показатели	Марка крана			
	АБКС (самоходный)	КБ-100.0А	КБ-100.3	КБ-308
Вылет стрелы, м:				
наибольший	12	20	25	25
наименьший	2,5	10	12,5	4,8
Высота подъема груза, м:				
при наибольшем вылете	10	21	33	32
при наименьшем вылете	10	33	48	32
Грузоподъемность при наибольшем вылете, т	5	5	8	8
Скорость подъема груза, м/мин	8	26	28	36
Установленная мощность электродвигателей, кВт	12,8	40	50	53
Расстояние между опорами, м	3,75	4,5	4,5	4,5
Масса противовеса, т	—	24,4	28	32
Область применения: для возведения зданий	в сельском хозяйстве	высотой до 5 этажей	высотой до 9 этажей	

392. Технические данные некоторых магистральных электровозов

Показатели	Электровозы переменного тока				Электровозы постоянного тока			
	ВЛ60^{к}, ВЛ60^{р}	ВЛ80^{к}	ВЛ85*	ЧС8	ВЛ8	ВЛ10^{у}	ВЛ11	ЧС7
Напряжение контактной сети, кВ	25	25	25	25	3	3	3	3
Мощность часового режима**, кВт	4590	6520	11 400	...	4200	5200	5360	...
Тяга при трогании с места, кН (кгс)	487 (49 680)	649 (66 200)	...	...	595 (60 700)	616 (68 000)	614 (62 600)	...
Тяга электровоза (в числителе), кН (кгс) при скорости (в знаменателе), км/ч	456 (46 500) / 43,3	480 (49 000) / 44,2	...	...	456 (46 500) / 43,3	492 (50 200) / 45,8	451 (46 000) / 46,7	...
Масса, т	138	184	278	160	184	184	184	160
Длина, м	20,8	32,8	45,0	33,0	27,5	32,8	32,8	33,0
Скорость конструкционная, км/ч	100	110	110	180	100	100	100	180

* Электровоз построен для Байкало-Амурской магистрали и проходит испытания.

** Мощность часового режима — наибольшая мощность, которую электродвигатель может развивать при непрерывной работе в течение 1 ч без превышения температуры его обмоток сверх установленной нормы.

393. Технические данные тепловозов

Показатели	2ТЭ10М	2Т116	ТЭП60	ТЭП70	ТЭМ7 (маневровый)
Мощность дизеля, кВт (л.с.)	2×2200(2×3000)	2×2250(2×3060)	2200(3000)	2940(4000)	1470(2000)
Частота вращения коленчатого вала дизеля, $с^{-1}$ (об/мин)	13,3(800)	16,7(1000)	12,5(750)	16,7(1000)	14,1(850)
Число цилиндров	10	16	16	16	10
Диаметр и ход поршня, мм	207×254	260×260	230×300	260×260	207×254
Объем цилиндров, л	2×171	2×221	201	221	171
Число тактов	2	4	2	4	2
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	218	214	231	211	231
Степень сжатия	15,1	13,4	13,5	13,4	15,1
Скорость конструкционная, км/ч	100	100	160	160	100
Тяга тепловоза (в числителе), кН (кгс) при скорости (в знаменателе), км/ч	$\frac{2×253(2×25\,800)}{24,7}$	$\frac{2×248(2×25\,300)}{24,7}$	$\frac{127(12\,950)}{47}$	$\frac{170(17\,300)}{30,7}$	$\frac{250(35\,700)}{10,3}$
Тяга при трогании с места, кН (кгс)	797(81 300)	797(81 300)	201(20 500)	288(29 400)	328(33 500)
КПД, %	28,1	30,6	28,0	30,7	30,6
Масса, т	2×138	2×138	129	129	180
Длина, м	2×17,0	2×17,0	19,2	20,5	21,5

394. Показатели технической реконструкции железнодорожного транспорта СССР

Показатели	1940 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Длина линий железных дорог, тыс. км:									
электрифицированных	1,9	3,0	13,8	33,9	43,7	48,4	50,6	51,7	52,9
на тепловозной тяге	0,3	3,1	17,7	76,2	97,3	96,3	94,8	94,8	93,8
Удельный вес в грузообороте железнодорожного транспорта, %:									
электровозной тяги	2,0	3,2	21,8	48,7	54,9	60,4	61,5	62,3	63,0
тепловозной тяги . .	0,2	2,2	21,4	47,8	45,1	39,6	38,5	37,7	37,0
паровозной тяги . .	97,8	94,6	56,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Средняя техническая скорость* движения поездов, км/ч	33,1	33,8	40,4	46,4	43,6	43,5	44,1	43,4	43,5

* Техническая скорость — скорость поезда без учета его стоянок на станциях.

395. Первый паровоз («Локомошен»)

Мощность паровой машины, кВт (л. с.) — 6 (8)
Максимальная скорость, км/ч — 20
Масса паровоза в рабочем состоянии, т — 6,4
Давление пара в котле, МПа (ат) — 0,2 (2)
Длина котла, м — 3
Диаметр котла, м — 1,2
Число цилиндров — 2
Расположение цилиндров вертикальное
Диаметр цилиндра, мм — 241
Ход поршня, мм — 610
Диаметр колес, м — 1,2
Число осей — 2
Страна и год постройки — Англия, 1825
Изобретатель паровоза Г. Стефенсон

396. Первый магистральный тепловоз

Обозначение тепловоза — Щ^{эл}-1
Передача — электрическая*
Конструкционная скорость, км/ч — 75
Масса тепловоза в рабочем состоянии, т — 182
Сцепная масса, т — 160
Наибольшая мощность на валу дизеля, кВт (л. с.) — 762 (1036)
Наибольшая частота вращения вала, мин$^{-1}$ (об/мин) — 400
Число цилиндров — 10
Диаметр цилиндра, мм — 368
Ход поршня, мм — 381
Мощность генератора, кВт — 2×400
Дата пуска в эксплуатацию — 6.11.1924 г.

Примечание. Проект тепловоза был разработан русским инженером и изобретателем Я. М. Гаккелем.

* При электрической передаче дизель имеет общий вал с генератором постоянного тока. Ток, даваемый генератором, поступает в тяговые электродвигатели последовательного возбуждения, которые соединены зубчатой передачей с движущимися осями тепловоза. При этом электрическая энергия генератора преобразуется в механическую энергию движения поезда. В настоящее время электрическая передача является основной для тепловозов.

397. Технические данные троллейбусов и трамвайных вагонов

В таблице приведены технические данные основных типов троллейбусов и вагонов трамваев, широко эксплуатируемых в городах СССР.

	Троллейбусы				Трамваи			
	ЗиУ-5Г	ЗиУ-9	ТР-9	ЗиУ-689Б	РВЗ-6112	КТМ-5М	ЛМ-68	Т-3
Напряжение контактной сети (постоянный ток), В	600	600	600	600	600	600	600	600
Мощность тягового двигателя, кВт	110	110	110	160	40	45	45	45
Сила тока двигателя, А	200	200	208	291	73	82	82	82
Тяга, кН	14,2	14,2	...	...	32,8	36,6	...	...
Напряжение, В	550	550	550	550	550	550	550	550
Масса без пассажиров, т	9,6	9,5	9,0	14,6	16	18	19	17
Число мест для сидения	35	32	41	48	37	32	35	38
Максимальная пассажировместимость, человек	117	125	70	164	119	140	115	115
Конструкционная скорость, км/ч	70	70	60	55	65	65	65	65
Габариты, м:								
длина	11,9	12,0	11,0	17,4	14,1	15,1	15,4	14,0
ширина	2,7	2,5	2,5	...	2,7	2,7	2,6	2,5
высота	3,5	3,6	3,2	...	3,1	3,1	3,1	3,0

398. Технические данные современных судов

Показатели	Суда на подводных крыльях		Речное судно «Советский Союз»	Теплоход «Иван Франко»**	Дизель-электроход «Россия»	Научно-исследовательские суда		Танкер «Крым»****	Ледокол «Ермак» (дизель электрический)
	«Ракета»	«Метеор»				«Академик Сергей Королев»	«Космонавт Юрий Гагарин»***		
Длина, м	27	34,6	116	176	182	182	231	277	134,8
Ширина, м	5	9,5	12,4	23,6	22,5	25	31	45	26,0
Осадка, м	1,8*	2,3*	2,3	8,1	7,1	7,9	10	17	11
Водоизмещение, т	25,4	53,4	2385	19 000	18 000	22 000	45 000	181 200	20 000
Число пассажиров	64	124	468	742	792	140 (экипаж)	155 (экипаж)	—	—
Мощность главной силовой установки:									
кВт	880	1500	1900	15 450	11 000	8 800	14 000	22 000	30 400
л. с.	1200	2000	2600	21 000	15 000	12 000	19 000	30 000	41 400
Скорость максимальная, км/ч	70	70	26	38	31,5	32	32,2	31,5	37

Примечания. 1. Главная силовая установка танкера «Крым» — паровая турбина, у остальных судов — дизель.
2. Теплоход — судно, движители которого приводятся в действие дизелями.
3. Дизель-электроход — судно, главным двигателем которого служит дизель, приводящий в работу электрогенератор, питающий током электродвигатели, соединенные с движителями (гребными винтами) судна.

* При движении судна типа «Ракета» его осадка уменьшается до 1,1 м; при движении «Метеора» — до 1,2 м.
** Однотипными с океанским теплоходом «Иван Франко» являются пассажирские суда «Александр Пушкин», «Шота Руставели», «Тарас Шевченко».
*** «Космонавт Юрий Гагарин» — самое крупное научно-исследовательское судно в мире.
**** Однотипными с морским танкером «Крым» являются танкеры «Кубань» и «Кавказ».

399. Современные военные корабли

Таблица содержит ориентировочные данные о современных боевых кораблях.

Боевой корабль	Максимальная скорость, км/ч	Мощность двигателей		Водоизмещение, т	Габаритные размеры, м	
		кВт	л. с.		длина	ширина
Ракетный катер	Более 75	1500—4400	2000—6000	75—200	...	...
Торпедный катер	100	550—4400	750—6000	50—200	До 45	До 6
Эсминец	70	22 000—74 000	30 000—100 000	1800—4000	100—130	11—13
Крейсер	65	74 000—110 000	100 000—150 000	6000—25 000	160—245	16—23
Подводная лодка (большая дизельная)	30 (подводный ход) 46 (надводный ход)	...	...	1500—3000	75—100	6
Подводная лодка ракетная (атомная)	60 (подводный ход) 50 (надводный ход)	...	...	6500—8200	110—130	10

400. Советские атомные суда

Показатели	Ледоколы				Лихтеровоз «Севморпуть»
	«Ленин»*	«Арктика», «Сибирь»	«Россия»	«Советский Союз»	
Число установленных реакторов	3	2	2	2	1
Тип ядерного реактора	Водо-водяной под давлением				
Мощность главных двигателей (турбин), кВт (л. с.)	32 400(44 000)	55 100(75 000)			29 400(40 000)
Максимальная скорость (на чистой воде), км/ч	36,4	38,9	38,2	38,2	37,0
Длина судна наибольшая, м	134	148	150	150	260
Длина судна по ватерлинии, м	124	136	136	136	229
Наибольшая ширина, м	20,0	30,0	30,0	30,0	32,2
Осадка, м	10,5	11,0	11,0	11,0	10,7
Водоизмещение наибольшее, т	19 240	23 460	23 625	23 500	61 000
Год завершения постройки	1959	1975; 1978	1985	1989	1988

Для сравнения ниже приводится характеристика современного дизель-электрического ледокола «Москва»: мощность главных двигателей (дизелей) 19 100 кВт (26 000 л.с.), максимальная скорость 34 км/ч, длина 122,1 м, ширина 24,5 м, осадка 9,5 м, водоизмещение 13 290 т.

* Первый в мире атомный ледокол «Ленин» поставлен на вечную стоянку в г. Мурманске.

401. Суда на воздушной подушке

Показатели	«Сормович»	«Барс»	«Гепард»	«Зарница»	«Орион»	«Пламя»
Число пассажиров . . .	50	7	5	48	80	18
Масса судна, т	36,4	2,2	1,8	15,4	34,7	35,3
Грузоподъемность, т . .	5	0,6	0,4	4,8	8	8
Скорость максимальная, км/ч	99	80	75	36*	53*	50*
Тип двигателя**	ГТД	ДВС	ДВС	ДВС	ДВС	ДВС
Число двигателей . . .	1	1	1	1	2	2
Мощность двигателя, кВт	1690	180	55	184	382	382
Длина наибольшая, м	29,2	7	6,9	22,3	25,8	26,1
Ширина, м	11,3	3,5	3,1	3,9	6,5	6,5
Дальность плавания, км	600	200	200	300	400	400

* Эксплуатационная скорость.
** ГТД — газотурбинный двигатель, ДВС — двигатель внутреннего сгорания.

402. Первый пароход («Клермонт»)

Длина, м — 50
Ширина, м — 5,5
Водоизмещение, т — 150
Мощность машины, кВт (л. с.) — 13 (18)
Число цилиндров — 1
Ход поршня, мм — 1220
Число гребных колес — 2
Диаметр цилиндра, мм — 610
Передача на гребные колеса — зубчатая
Частота вращения гребных колес, $с^{-1}$ (об/с) — 0,5
Скорость парохода, км/ч — до 8
Место и год постройки — США, 1807
Изобретатель парохода — Р. Фултон

403. Первый теплоход («Вандал»)

Число установленных на судне нефтяных двигателей — 3
Мощность одного двигателя, кВт (л. с.) — 88 (120)
Число цилиндров двигателя — 3
Диаметр цилиндра, мм — 290
Ход поршня, мм — 430
Частота вращения коленчатого вала, $с^{-1}$ (об/с) — 16
Скорость судна, км/ч — 13
Грузоподъемность, т — 800
Длина корпуса, м — 74,2
Ширина корпуса, м — 9,7
Назначение судна — перевозка нефтепродуктов
Место и год постройки — Россия, 1903

404. Реактивные пассажирские самолеты

Показатели	Як-42	Ту-134А	Ту-154Б	Ил-62М	Ил-86	Ил-96-300	Ту-204
Число пассажирских мест	100	76	144	137—162	350	300	214
Коммерческая нагрузка*, т	14,5	9,6	17,3	23	42	40	21,5
Максимальная взлетная масса самолета, т	54	47,6	98	167	210	216	93,5
Число двигателей	3	2	3	4	4	4	2
Тяга одного двигателя, кН (кгс)	63,7 (6500)	67,6 (6900)	102,9 (10 500)	107,8 (11 000)	127,5 (13 000)	157 (16 000)	157 (16 000)
Крейсерская скорость** полета, км/ч	800	780	900	880	870—890	850—900	810—850
Скорость отрыва самолета от земли, км/ч	230	275—290	≈270	≈300	...	...	...
Посадочная скорость, км/ч	190	265	265	280	250	260	...
Потолок полета, км	9,1	12,1	12,5	11,1	11,4	10—12	...
Дальность полета с максимальной нагрузкой, км	2700	1680	5280	7950	3000	9000—11 000	3500
Длина разбега при взлете, м	1000	1350	1500—2000	1800	1500—2000	...	...
Длина пробега при посадке, м	800	920	1000	1500	1300	...	...
Габариты самолета, м:							
длина	36,4	37,1	47,9	53,1	56,1	55,3	46,2
высота	9,8	9,1	11,4	12,4	15,5	17,6	13,9
размах крыла	34,9	29,0	37,5	43,3	48,2	57,7	42
Диаметр фюзеляжа, м	3,9	2,9	3,8	3,9	6,1	6,1	4,0

* Коммерческую (полезную) нагрузку самолета составляет масса перевозимого груза (почты, пассажиров, багажа); в нее не входит масса топлива, смазочных масел, служебного снаряжения и др.

** Крейсерской скоростью называется скорость полета самолета в наиболее экономичном режиме.

405. Поршневые и турбовинтовые пассажирские самолеты

Показатели	Поршневые		Турбовинтовые			
	Ан-2	Ил-14М	Ан-24	Ил-18Д	Ан-28	Л-410
Число пассажиров	12	36	50	100	17	15
Коммерческая нагрузка*, т	1,0	3,3	5	13,5	1,75	1,3
Масса ненагруженного самолета, т	3,4	12,6	13,9	33,8	3,5	3,8
Взлетная масса самолета, т	5,1	17,5	21	64	6,5	5,8
Число двигателей	1	2	2	4	2	2
Мощность одного двигателя, кВт (л.с.)	735(1000)	1400(1900)	1880(2550)	3130(4250)	706(960)	544(739)
Крейсерская скорость**, км/ч	180	320	450—475	650	350	365
Скорость отрыва самолета от земли, км/ч	80—90	140—150	170—180	235	...	145
Посадочная скорость, км/ч	90	135—140	170	260	115	135
Практический потолок полета, км	4,5	6,5	8,9	9,2	...	...
Дальность полета, км	830	1750	2000	6500	1360	1200
Длина разбега при взлете, м	160—190	530—650	550—600	1000	265	...
Длина пробега при посадке, м	215—430	500	550	800	115	...
Габариты самолета, м:						
длина	12,4	22,3	23,5	35,9	13,1	14,5
высота	5,4	7,8	8,3	10,2	4,9	5,8
размах крыла	18,2	31,7	29,2	37,4	22,1	19,5

* Коммерческую (полезную) нагрузку самолета составляет масса перевозимого груза (почты, пассажиров, багажа), в нее не входит масса топлива, смазочных масел, служебного снаряжения и др.

** Крейсерской скоростью называется скорость полета самолета в наиболее экономичном режиме.

406. Зарубежные реактивные пассажирские самолеты

Показатели	ДС-8-63	ДС-10-20	Боинг-737	Боинг-707	Боинг-747 Б
Максимальная взлетная масса, т	161	252	52,4	151,4	349,3
Максимальная коммерческая нагрузка, т	31,4	39,6	15,7	20,4	72
Масса ненагруженного самолета, т	72	121,6	26,9	67,1	166,8
Число пассажирских мест	259	330	130	189	500
Крейсерская скорость, км/ч	835	891	774	856	895
Дальность полета с максимальной нагрузкой, тыс. км	11,1	11,8	5,1	12,2	13,2
Размах крыла, м	45,2	49,2	28,3	44,4	59,6

407. Грузовые транспортные самолеты

Показатели	Ан-22 («Антей»)	Ил-76Т	Ан-124 («Руслан»)	Ан-225 («Мрия»)
Взлетная масса, т	250	170	405	600
Полезная нагрузка, т	80	40	150	250
Тип двигателя	Турбовинтовой		Реактивный	
Число двигателей	4	4	4	6
Мощность одного двигателя, кВт (л.с.)	11 000 (15 000)	—	—	—
Тяга одного двигателя, кН (тс)	—	118 (12)	226 (23)	230 (23,4)
Крейсерская скорость, км/ч	740	750—800	850	700—850
Дальность полета, км	11 000	5000	16 500	14 700
Длина самолета, м	55,5	46,6	70	84
Высота самолета, м	12,5	14,8		18,1
Размах крыла, м	64,4	50,5	72	88,4

Примечание. Ан-225 является (1990 г.) крупнейшим транспортным самолетом мира.

408. Современные истребители

Показатели	МиГ-29 (СССР)	F-16C (США)	Рафаль-А (Франция)	Мираж-2000 (Франция)
Максимальная скорость, км/ч	2440	2120	2120	2340
Максимальная скороподъемность у Земли, м/с	330	260	...	250
Взлетная масса, т	15,0	11,4	14,0	10,0
Практический потолок, м	17 000	15 200	...	18 000
Длина самолета, м	17,0	15,0	15,8	14,4
Размах крыла, м	11,4	9,5	11,2	9,0
Длина разбега, м	240	450	300	560

409. Развитие гражданской авиации в СССР

Показатели	1940 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.	1988 г.
Длина воздушных линий в пределах территории СССР, тыс. км	144	295	360	596	780	927	971	939	928
Отправлено пассажиров, млн. чел.	0,4	1,5	16,0	71,4	103,8	112,6	116,1	119,0	125,0
Перевезено грузов и почты, тыс. т	58,4	161	697	1844	2989	3183	3157	3200	3300
Объем авиахимических работ в сельском и лесном хозяйствах, млн. га	0,9	3,4	20,1	83,3	100,3	108,1	108,0	96,5	80,6

Примечания. 1. Первая авиалиния страны — Москва — Нижний Новгород — открылась для регулярного воздушного сообщения в 1923 г. Протяженность линии составляла 420 км. В 1923 г. в стране было перевезено 610 авиапассажиров.

2. Воздушным сообщением связано более 3600 населенных пунктов страны.

410. Технические данные вертолетов

Показатели	Ми-2	Ми-4	Ми-6	Ми-8	Ми-10	Ми-26	Ка-26	Ка-32
Взлетная масса номинальная, т	3,5	6,9	40,5	11,1	43,5	49,5	3,1	11
Коммерческая (полезная) нагрузка*, т	0,8	1,6	12	4	12	20	0,9	5
Число пассажирских мест (в пассажирском варианте)	8	10	—	28	—	—	6	16
Масса пустого вертолета, т	2,3	4,9	27,5	7,0	26,6	28,2	2,1	...
Число двигателей	2	1	2	2	2	2	2	2
Тип двигателя**	тв	п	тв	тв	тв	тв	п	тв
Мощность (взлетная) двигателя:								
кВт	294	1250	4045	1103	4045	7350	239	1635
л. с.	400	1700	5500	1500	5500	10 000	325	2225
Число несущих винтов	1	1	1	1	1	1	2	2
Диаметр несущего винта, м	14,5	21	35	21,3	35	32	13	15,9
Число лопастей несущего винта	13	4	5	5	5	8	3	3
Частота вращения несущего винта, $мин^{-1}$	246	178	120	192	120	...	294	...
Диаметр рулевого винта, м	2,7	3,6	6,3	3,8	6,3	7,6	—	—
Крейсерная скорость, км/ч	190	140	250	220	180	255	135	...
Максимальная скорость, км/ч	210	185	300	250	235	295	170	250
Скороподъемность у земли, м/с	3,9	5,6	5—8	5,1	5,8	...	6,0	...
Потолок, км	4	5,5	4,5	4,5	3	...	2,1	6
Дальность полета, км	160	410	300—900	500	250	700	400	800
Высота вертолета, м	3,7	4,4	9,0	4,8	9,9	...	4,0	...

* Коммерческая нагрузка вертолета — масса груза, перевозимого вертолетом (например, оборудования или пассажиров).
** п — поршневой, тв — трубовальный.

411. Самолет Можайского

Длина лодки самолета, м	14,6
» каждого крыла, м	10,7
Ширина крыла, м	14,2
Несущая площадь крыльев, м²	308
Площадь хвостового оперения, м²	42
Тип двигателей	двухцилиндровые паровые машины двойного действия, двукратного расширения
Число двигателей	2
Мощность первого двигателя, кВт (л. с.)	15 (20)
Масса двигателя, кг	47,6
Мощность второго двигателя, кВт (л. с.)	7,4 (10)
Полетная масса самолета, кг	930
Год получения изобретателем патента на самолет	1881

412. Поршневой авиационный двигатель АШ-62ИР

В таблице приводятся некоторые данные о карбюраторном звездообразном двигателе воздушного охлаждения.

Мощность двигателя, кВт (л. с.):	
взлетный режим	735 (1000)
номинальный режим	600—620 (820—840)
Число цилиндров	9
Диаметр цилиндра, мм	155,5
Ход поршня, мм	174,5
Рабочий объем цилиндра, л	3,3
Степень сжатия	6,4
Частота вращения воздушного винта:	
$с^{-1}$ (об/с)	22—25
$мин^{-1}$ (об/мин)	1400—1500
Длина двигателя, м.	1,1
Диаметр двигателя, м	1,4
Масса, кг	570
КПД двигателя, %	20

Примечание. Поршневой авиационный двигатель АШ-62ИР устанавливается на самолетах Ан-2.

413. Турбовинтовой двигатель АИ-20К

В таблице приводятся некоторые технические данные о газотурбинном двигателе АИ-20К.

Мощность турбины, кВт (л. с.)	≈8090 (≈11 000)
Мощность, передаваемая через редуктор винту самолета (на взлетном режиме), кВт (л. с.)	2720 (3700)
Мощность, подводимая к компрессору (на взлетном режиме), кВт (л. с.)	5150 (7000)
Число ступеней турбины	3
Частота вращения ротора турбины:	
$с^{-1}$ (или об/с)	205
$мин^{-1}$ (или об/мин)	12300
Частота вращения воздушного винта:	
$с^{-1}$ (или об/с)	18
$мин^{-1}$ (или об/мин)	1075

Массовый расход воздуха двигателем (у земли), кг/с	20,4
Суммарная тяга, создаваемая винтом и реакцией газового потока (на взлетном режиме), кН (кгс)	43,9 (4480)
Тяга, создаваемая воздушным винтом (на взлетном режиме), кН (кгс)	39,9 (4070)*
Число ступеней компрессора	10
Степень повышения давления воздуха компрессором (на высоте 8 км при скорости 175 м/с)	8,5
Упругая сила, действующая на лопатку газовой турбины при работе двигателя, кН (кгс)	≈100 (≈10 000)
Скорость истечения отработавших газов из выхлопной системы двигателя, м/с	200—240
Температура газов перед турбиной (на взлетном режиме), °С	≈790
Температура газов за турбиной (номинальный режим), °С	470
Применяемое топливо	Т-1, ТС-1*
Масса двигателя, кг	1000
Габаритные размеры двигателя, мм:	
длина	3096
ширина	842
высота	1180
Диаметр воздушного винта, м	4,5

Примечание. Турбовинтовой двигатель АИ-20К устанавливается на самолетах Ил-18, Ан-10, Ан-12.

* Это составляет 91% от всей тяги, развиваемой двигателем.

Принципиальная схема турбовинтового двигателя показана на рисунке 10.

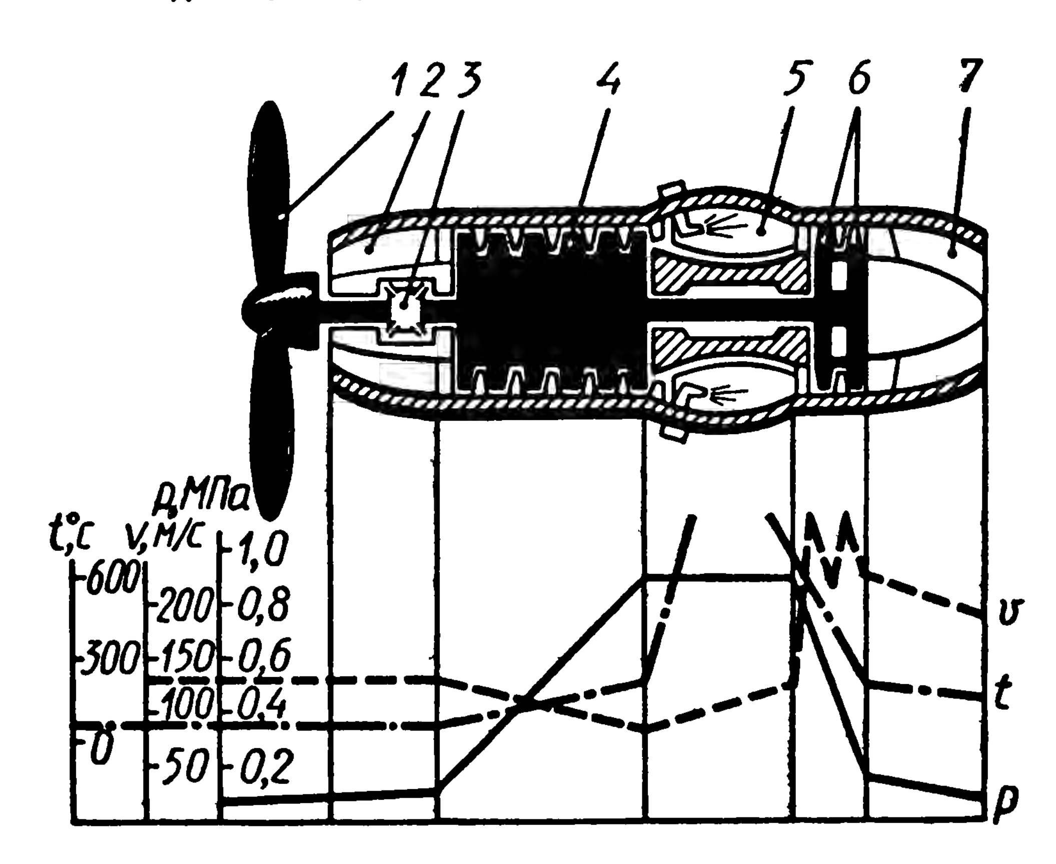


Рис. 10. Принципиальная схема турбовинтового двигателя:

1 — воздушный винт; *2* — воздухозаборник; *3* — редуктор; *4* — компрессор; *5* — камера сгорания; *6* — газовая турбина; *7* — реактивное сопло. Штрихпунктирная, сплошная и штриховая линии показывают изменение основных параметров — соответственно температуры, давления и скорости — воздуха и газа в газовоздушном тракте турбовинтового двигателя.

414. Некоторые технические данные авиационного турбореактивного двигателя РД-3М-500

Мощность турбины (на взлетном режиме), кВт (л. с.)	38 000 (52 000)
Мощность, подводимая от турбины к компрессору (на взлетном режиме), кВт (л. с.)	37 500 (51 000)
Мощность, подводимая от турбины к различным агрегатам, кВт (л. с.)	735 (1000)
Число ступеней трубины	2
Расход воздуха двигателем (на взлетном режиме), кг/с	164
Тяга на Земле (на взлетном режиме), кН (кгс)	94,6 (9650)
Тяга на Земле (на номинальном режиме), кН (кгс) . . .	75 (7650)
Частота вращения ротора на максимальном режиме:	
$с^{-1}$ (об/с)	78,3
$мин^{-1}$ (об/мин)	4700

То же на номинальном режиме, $с^{-1}$	73,8
То же на крейсерском режиме, $с^{-1}$	67,7—69,7
Окружная скорость конца лопатки турбины, м/с	350—400
Сила упругости, действующая на лопатку работающей турбины, кН (кгс)	>100 $(>10\,000)$
Число ступеней компрессора	8
Степень повышения компрессором давления воздуха (на взлетном режиме)	6,4
Температура газа, поступающего на лопатки турбины, °С	800—810
Скорость газа, вытекающего из сопла* (на взлетном режиме), м/с	≈514
Температура газа, вытекающего из сопла (на взлетном режиме), °С	≈482
Число жаровых труб, образующих кольцевую камеру сгорания	14
Масса двигателя, кг	3100
Длина » мм	5380
Диаметр » мм	1400
Применяемое топливо	ТС-1 или Т-1

* Этот поток газа создает реактивную тягу.

Принципиальная схема авиационного турбореактивного двигателя РД-3М-500, а также примерное изменение параметров потока воздуха и газа при перемещении этого потока по газовоздушному тракту двигателя показаны на рисунке 11.

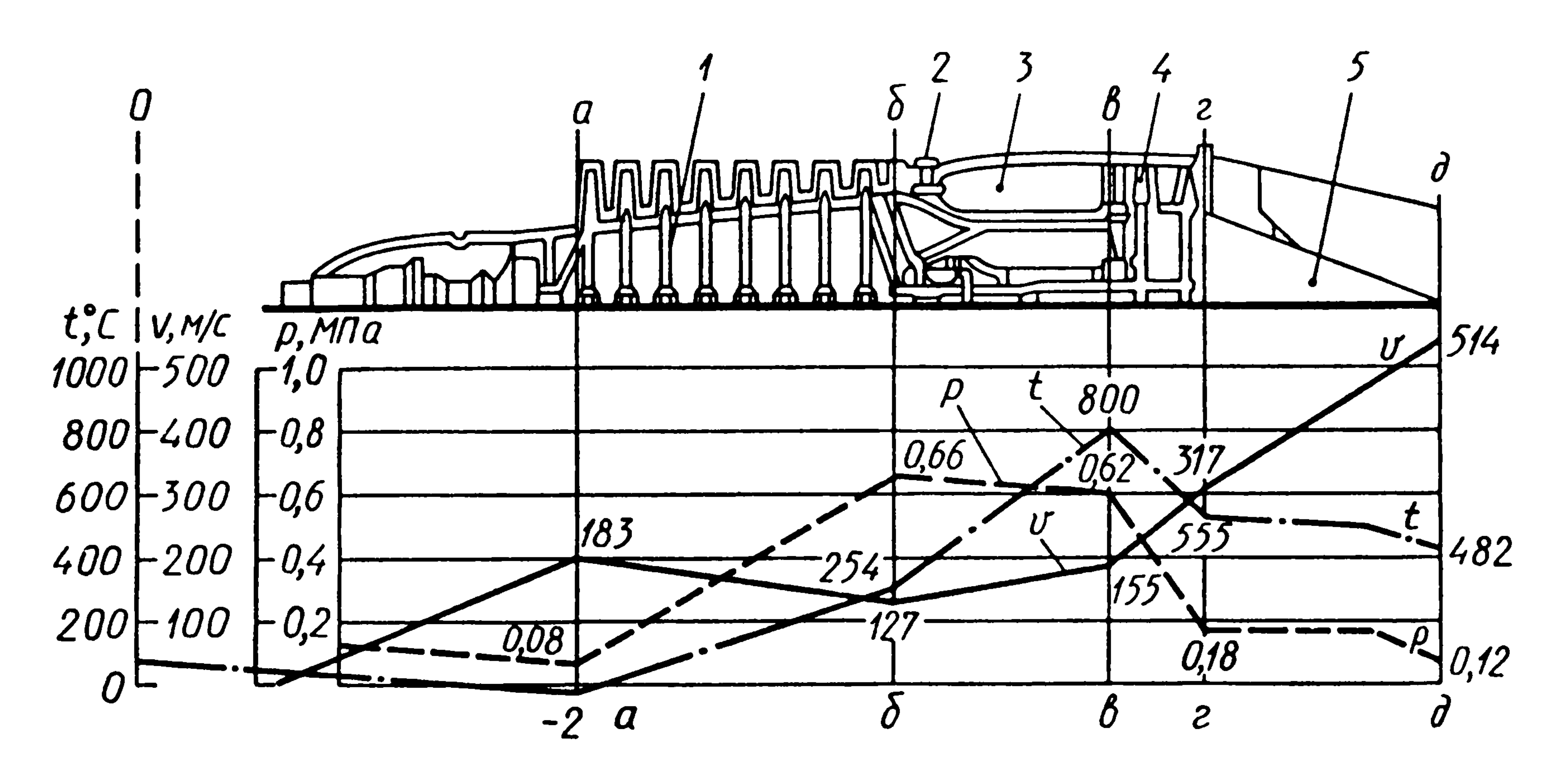


Рис. 11. Принципиальная схема турбовинтового двигателя РД-3М-500:

1 — лопатка компрессора; *2* — форсунка; *3* — камера сгорания; *4* — лопатка газовой турбины; *5* — сопло выходного устройства.

На рисунке входное устройство двигателя ограничено сечениями *0—0* и *а—а*, компрессор — сечениями *а—а* и *б—б*, камеры сгорания — сечениями *б—б* и *в—в*, газовая турбина — сечениями *в—в* и *г—г*, выходное устройство двигателя — сечениями *г—г* и *д—д*. Ломаные линии показывают примерное изменение параметров потока воздуха и газа при его перемещении по газовоздушному тракту двигателя. Сплошной линией показано изменение скорости, пунктирной — изменение давления и штрихпунктирной — температуры воздуха и газа. За начальные параметры воздуха приняты: давление 0,1 МПа (1 $кгс/см^2$) и температура 15 °С.

415. Основные данные некоторых мощных советских жидкостных ракетных двигателей

Наименование ЖРД	Назначение ЖРД	Компоненты топлива*		Тяга в вакууме, кН (тс)	Масса ЖРД, кг	Высота × × диаметр, м	Время работы, с	Годы разработки
		окислитель	горючее					
РД-107	1-я ступень ракеты «Восток»	Жидкий кислород	Керосин	1000(102)	1155	2,9×2,6	140	1954—1957
РД-108	2-я ступень ракеты «Восток»	Жидкий кислород	Керосин	940(96)	1250	2,9×2,0	320	1954—1957
РД-119	2-я ступень ракеты «Космос»	Жидкий кислород	Несимметричный диметилгидразин	105(11)	168	2,2×1,0	260	1958—1962
РД-214	1-я ступень ракеты «Космос»	Азотнокислотный	Продукт переработки керосина	730(74)	645	2,4×1,5	140	1952—1957
РД-216	1-я ступень варианта ракеты «Космос»	Азотнокислотный	Несимметричный диметилгидразин	1728(176)	1325	3,5×2,3	170	1958—1960
РД-253	1-я ступень ракеты «Протон»	Оксид азота (IV)	Несимметричный диметилгидразин	1635(167)	1280	2,7×1,5	190	1961—1965
РД-301	Для разгонных блоков и верхних ступеней ракет	Жидкий фтор	Жидкий аммиак	98,1(10)	...	...	750	1975
РД-170	1-я ступень ракеты «Энергия»	Жидкий кислород	Керосин	7900(806)	...	4,0×3,8	...	Работает с 1985 г.

* Характеристика названных топлив приведена в табл. 206.

416. Первые советские ракеты

В таблице приведены параметры первых советских экспериментальных ракет: на жидком и на гибридном топливе.

Показатели	Обозначение ракеты	
	ГИРД-09	ГИРД-Х
Стартовая масса ракеты, кг	19	29,5
Длина ракеты, м	2,4	2,2
Диаметр » см	18	14
Тяга двигателя, Н (кгс)	245—324 (25—33)	637 (65)
Окислитель	Жидкий кислород	Жидкий кислород
Горючее	Бензин (отвержденный)	Спирт этиловый
Масса окислителя, кг	3,45	8,3
» горючего, кг	1	
Длительность работы двигателя, с	15—18	22
Дата первого пуска ракеты	17. VIII. 1933 г.	25. XI. 1933 г.
Высота, на которую взлетела ракета, м	100	80

417. Боевая реактивная установка БМ-13 образца 1941 г.*

Масса установки (вместе с автомобилем), т	7,2
Число реактивных снарядов, устанавливавшихся на направляющих балках, шт	16
Число направляющих балок, шт	8
Длина направляющей балки, м	5
Масса реактивного снаряда, кг	42,5
Диаметр снаряда, см	13,2
Длина » м	1,4
Сила тяги двигателя, кН (кгс)	19,6 (2000)
Скорость схода снаряда с направляющей балки, м/с	ок. 70
Наибольшая скорость снаряда в полете, м/с	355
Наибольшая дальность полета снаряда, км	8,5
Длительность залпа (16 выстрелов), с	7,8
Топливо, применяющееся в реактивном снаряде	Пороховые шашки
Число и форма пороховых шашек в снаряде	7 шашек в виде трубок длиной по 55 см и внешним диаметром 4 см
Продолжительность горения топлива в камере сгорания снаряда, с	0,7
Дата и место первого применения боевой установки	14.VII.1941 г., г. Орша (Белоруссия)

418. Первый в мире искусственный спутник Земли и его ракета-носитель

Масса спутника, кг — 83,6
Форма — шар
Диаметр, см — 58
Число радиоантенн — 4
Период обращения вокруг Земли, мин — 96,2

Начальные параметры орбиты, км:
высота перигея — 228
высота апогея — 947
Число оборотов, совершенных спутником вокруг Земли — ок. 1400
Пройденный путь, млн. км — ок. 60

* В годы Великой Отечественной войны эти установки получили название «катюши».

Продолжительность существования спутника, сут.— 92
Масса ракеты-носителя, т — 267
Число ступеней — 2
Тяга двигателей, кН (тс) — 3980 (406)
Масса полезного груза, выводимого ракетой на орбиту, т — до 1,35
Длина ракеты-носителя, м — 29,2

Главные конструкторы:
двигателей — В. П. Глушко
системы управления — Н. А. Пилюгин
ракеты-носителя — С. П. Королев
Дата запуска — 4.10.1957 г.
Название ракеты-носителя — «Спутник»

419. Первые ИСЗ в разных странах

Дата запуска	Страна	Масса, кг	Высота орбиты ИСЗ, км	
			в перигее	в апогее
1.2.1958 г.	США	8,3	354	2550
15.12.1964 г.	Италия	113,0	198	845
26.11.1965 г.	Франция	42,0	526	1809
29.1.1969 г.	Канада	240,0	575	3514
8.11.1969 г.	ФРГ	71,2	384	3146
11.2.1970 г.	Япония	24,0	340	5140
24.4.1970 г.	Китай	173,0	441	2386
28.10.1971 г.	Великобритания	66,0	537	1593

420. Космические летательные аппараты, запущенные в СССР на орбиту ИСЗ

В таблице приведены данные о некоторых непилотируемых космических аппаратах, запускаемых на орбиту ИСЗ и предназначенных для выполнения исследовательских, научно-технических и народно-хозяйственных задач.

ИСЗ «Космос»

«Космос» — наименование серии ИСЗ для научных, технических и других исследований в околоземном космическом пространстве. Запускаются на круговые и эллиптические орбиты, область высот которых от 140 до 60 600 км. Первый ИСЗ «Космос» принял старт 16.3.1962 г. Для запуска «Космосов» используются ракеты-носители «Космос», «Союз», «Протон» и др., способные доставлять на орбиту груз массой до нескольких тонн (до 1964 г. ИСЗ «Космос» выводились на орбиту также ракетой-носителем «Восток»). К 1. 9.1990 г. запущено 2095 ИСЗ «Космос».

ИСЗ «Молния»

«Молния» — наименование ИСЗ нескольких типов («Молния-1», -2, -3»), предназначенных для ретрансляции телевизионных программ и для телефонной, телеграфной и фототелеграфной радиосвязи. Выводятся на эллиптические орбиты с высотой в апогее свыше 40 тыс. км над Северным полушарием и высотой в перигее 450—650 км. Период обращения — около 12 ч. «Молния-1» имеет длину ≈ 4,4 м, диаметр корпуса 1,4 м, размах панелей солнечных батарей 8,6 м. Первые ИСЗ серии «Молния» запущены: «Молния-1» — 23.4.1965 г., «Молния-2» — 24.11.1971 г., «Молния-3» — 21.11. 1974 г. Число выведенных на орбиту к 1.1.1990 г. «Молний» составляет: «Молния-1» — 77, «Молния-2» — 17, «Молния-3» — 36.

ИСЗ «Метеор»

«Метеор» — наименование серии метеорологических ИСЗ для получения метеоинформации с целью использования в оперативной службе погоды. Обеспечивают передачу по телевизионному каналу изображений облачного покрова на дневной стороне Земли, получение и передачу изображений облачности в инфракрасных

лучах на дневной и ночной сторонах Земли и актинометрических измерений. Первый «Метеор» был запущен 26.3.1969 г. С 11.7.1975 г. на орбиты, близкие к круговым (высотой ≈ 900 км, выводятся метеоспутники второго поколения — «Метеор-2», а 24.10.1985 г. был запущен «Метеор-3». «Метеор-2» за один оборот вокруг Земли, длящийся ≈ 102 мин, дает информацию с территории, составляющей ≈ 20% площади земного шара. К 1.1.1990 г. число запущенных на орбиту «Метеоров» составило: «Метеор-1» — 28, «Метеор-2» — 19, «Метеор-3» — 3.

ИСЗ «Радуга»

«Радуга» — наименование серии спутников связи для непрерывной круглосуточной ретрансляции на сеть станций «Орбита» цветных и черно-белых телевизионных программ и осуществления дальней телефонной и телеграфной связи. Выводятся на круговую орбиту с высотой над поверхностью Земли ≈ 36 000 км; период обращения ≈ 24 ч. ИСЗ имеет форму цилиндра длиной 5,5 м, максимальным диаметром ≈ 2,5 м и массой 2 т. Размах панелей солнечной батареи ≈ 9,5 м. К 1.1.1990 г. запущено 24 ИСЗ «Радуга».

ИСЗ «Горизонт»

«Горизонт» — наименование связных ИСЗ для обеспечения круглосуточной дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи телевизионных программ на станции систем «Орбита» и «Москва», а также для использования в международной системе спутниковой связи «Интерспутник». Масса ИСЗ — 2 т, размах панелей с солнечными батареями ≈ 10 м. Запускаются на круговую орбиту с высотой ≈ 36 000 км, период обращения ≈ 24 ч. Первый ИСЗ «Горизонт» запущен 6.7.1979 г. На 1.1.1990 г. стартовало 19 ИСЗ «Горизонт».

ИСЗ «Экран»

«Экран» — наименование ИСЗ для ретрансляции цветных и черно-белых программ центрального телевидения на сеть приемных устройств коллективного пользования, расположенных в Сибири и на Крайнем Севере. Выводятся на близкую к стационарной круговую орбиту, имеющую высоту ≈ 36 000 км и период обращения ≈ 24 ч. Запускаются с 26.10.1976 г. На 1.1.1990 г. запущено 19 ИСЗ «Экран».

ИСЗ «Прогноз»

«Прогноз» — наименование исследовательских ИСЗ для изучения процессов солнечной активности, их влияния на межпланетную среду и магнитосферу Земли. Выводятся на высокоэллиптическую орбиту с максимальным расстоянием в апогее ≈ 200 000 км, а высота в перигее составляет от 380 до 950 км. Масса — 850—900 кг. Герметичный корпус, в котором размещается научное оборудование, имеет цилиндрическую форму диаметром 2 м; размах панелей солнечных батарей составляет 6 м. Дата запуска ИСЗ «Прогноз-1» — 14.4.1972 г. К 1.1.1990 г. запущено на орбиту 10 ИСЗ «Прогноз».

ИСЗ «Протон»

«Протон» — наименование серии тяжелых (массой 12—17 т) исследовательских ИСЗ с научным оборудованием для изучения космических лучей и взаимодействия с веществом частиц сверхвысоких энергий. «Протон-1» был запущен 16.7.1965 г., а последний — «Протон»-4» — 16.11.1968 г. ИСЗ серии «Протон» запускались с помощью 2- и 3-х ступенчатых ракет-носителей «Протон». ИСЗ «Протон» имел корпус цилиндрической формы диаметром ≈ 4 м, в его герметичном отсеке размещалась научная аппаратура. Размах четырех панелей солнечных батарей составлял ≈ 9 м.

ИСЗ «Интеркосмос»

«Интеркосмос» — наименование серии ИСЗ, используемых для изучения физических свойств верхней атмосферы Земли и околоземного космического пространства (исследования коротковолнового излучения Солнца, ионосферы, магнитного

поля Земли и др.), а также в исследованиях Земли из космоса. Состоят из герметичного цилиндрического корпуса, выполненного из алюминиевого сплава, и необходимой аппаратуры. Имеют массу от 200 до 1300 кг.

Первый спутник этой серии запущен 14.10.1969 г., параметры его орбиты составляли: высота в апогее 640 км, высота в перигее 260 км. К 1.1.1990 г. запущено 24 ИСЗ серии «Интеркосмос».

ИСЗ «Фотон»

Автоматические ИСЗ «Фотон» предназначены для получения в условиях микрогравитации различных материалов (например, полупроводниковых), особо чистых биопрепаратов, а также для проведения исследований в области физики невесомости. Весь комплекс бортовой аппаратуры ИСЗ может быть возвращен на Землю с помощью спускаемого аппарата. Масса «Фотона» 6200 кг, длина 6,2 м, диаметр спускаемого аппарата 2,3 м, масса технологической и исследовательской аппаратуры до 700 кг, срок активного существования на орбите $\approx$15 сут, параметры орбиты: высота в апогее $\approx$400, а в перигее $\approx$220 км. Первый «Фотон» запущен 14.04.1988 г.

ИСЗ «Гранат»

1.12.1989 г. на высокоэллиптическую орбиту (максимальное расстояние ее от поверхности Земли 200, а минимальное — 2 тыс. км) запущена международная обсерватория «Гранат» для исследований космических источников рентгеновского и мягкого гамма-излучений. Общая длина обсерватории 6,5 м, масса 4 т, масса научной аппаратуры 2,3 т, размах панелей солнечной батареи 8,5 м, период обращения 4,05 сут.

ИСЗ «Ресурс-Ф»

«Ресурс-Ф» предназначен для исследования природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. На борту устанавливается фотоаппаратура для разномасштабной многозональной и спектрозональной фотосъемки. Параметры орбиты: $\approx$260 км (в апогее), $\approx$190 км (в перигее).

Первый ИСЗ «Ресурс-Ф» запущен 25.05.1988 г.

421. Космический корабль «Восток» и его ракета-носитель

Форма и размер спускаемого аппарата, внутри которого находился космонавт	шар диаметром 2,3 м
Масса спускаемого аппарата, т	2,4
Масса корабля, спускаемого аппарата и приборного отсека, т	4,73
Масса последней ступени ракеты-носителя, т	1,44
Длина корабля с последней ступенью ракеты, м	7,35
Давление воздуха в кабине корабля, МПа	$\approx$0,1 ($\approx$750 мм рт. ст.)
Температура воздуха в кабине (регулируемая), °С	12—25
Относительная влажность воздуха в кабине (регулируемая), %	30—70
Число иллюминаторов с жаропрочными стеклами в кабине	3
Температура пограничного слоя воздуха при движении спускаемого аппарата в плотных слоях атмосферы, °С	$\approx$10 000
Аэродинамическое сопротивление спускаемого аппарата при его движении в плотных слоях атмосферы, кН (тс)	до 196 (до 20)
Общая длина ракеты-носителя космического корабля «Восток»*, м	38
Диаметр ракеты (по воздушным рулям), м	10,3
Диаметр ракеты по центральному блоку, м	3,0
Длина центрального блока, м	28

* Первая ступень ракеты состоит из четырех боковых блоков (длиной 19 м и максимальным диаметром 3 м каждый), расположенных вокруг второй ступени — центрального блока; третья ступень ракеты размещена над центральным блоком.

Длина третьей ступени ракеты с космическим кораблем и головным обтекателем, м	10
Число ступеней ракеты-носителя	3
Топливо двигателей всех ступеней	керосин и жидкий кислород
Число двигателей 1-й ступени	4
Тяга одного двигателя 1-й ступени, кН (тс)	1000 (102)
Число двигателей 2-й ступени	1
Тяга двигателя 2-й ступени, кН (тс)	940 (96)
Число двигателей 3-й ступени	1
Тяга двигателя 3-й ступени, кН (тс)	54,5 (5,6)
Суммарная мощность двигателей ракеты-носителя, кВт (л. с.)	$1{,}5 \cdot 10^7$ $(2 \cdot 10^7)$
Стартовая масса ракеты-носителя, т	287
Максимальная масса полезного груза, выводимого на орбиту, т	4,73
Название ракеты-носителя	«Восток»
Наибольшая высота орбиты корабля над Землей, км . . .	327
Наименьшая высота орбиты корабля над Землей, км . . .	181
Период обращения корабля вокруг Земли, мин	89,1
Дата полета	12 апреля 1961 г.
Летчик-космонавт	Ю. А. Гагарин

Схема устройства одноместного космического корабля «Восток» с последней ступенью ракеты-носителя показана на рисунке 12.

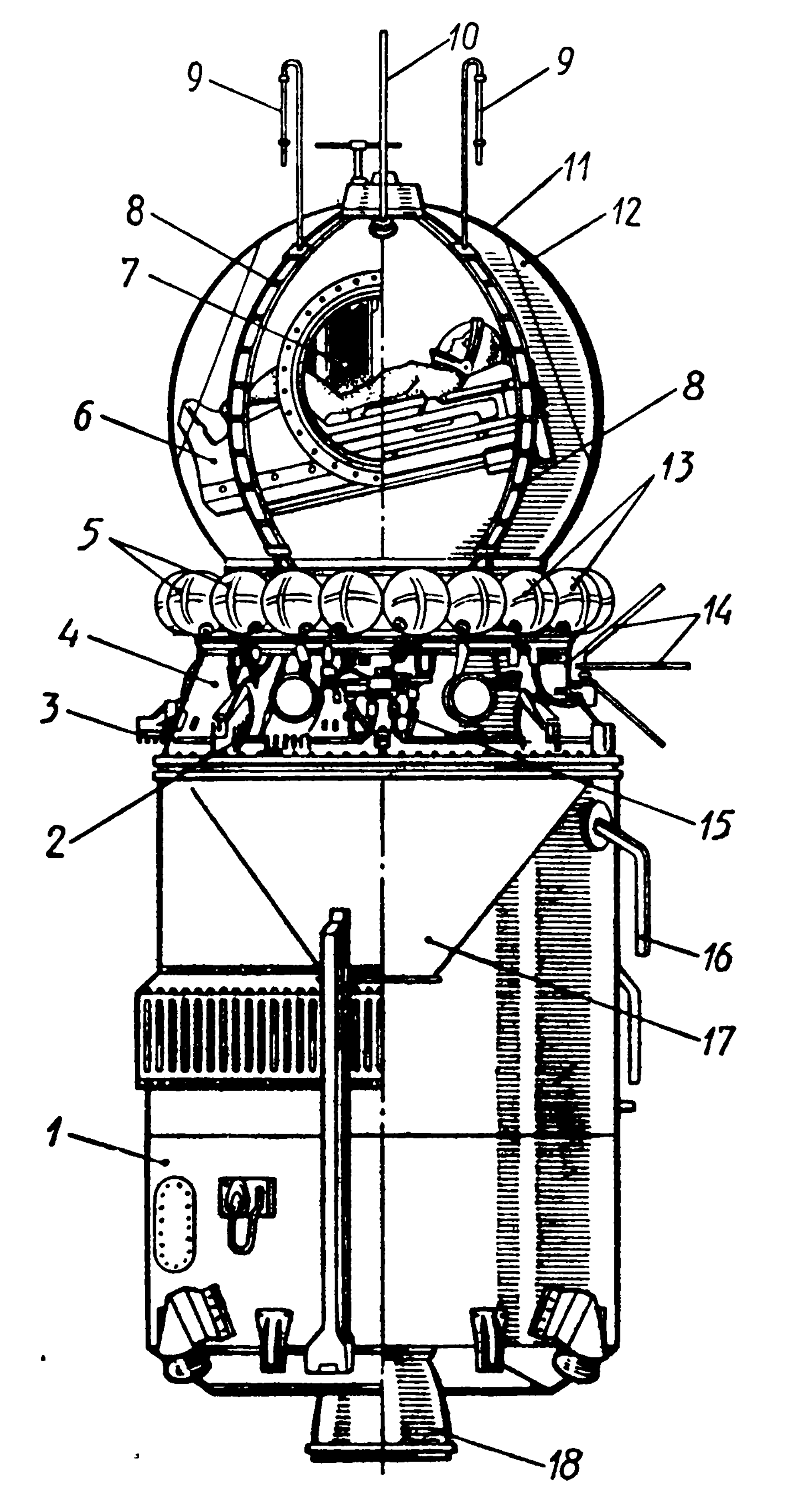


Рис. 12. Схема устройства космического корабля «Восток» с последней ступенью ракеты-носителя:

1 — последняя ступень ракеты-носителя; *2* — антенна системы телеметрического контроля орбиты; *3* — сопла системы ориентации; *4* — приборный отсек; *5* — баллоны с кислородом (баллоны с кислородом и воздухом предназначены для дыхания космонавта на случай разгерметизации спускаемого аппарата и для вентиляции скафандра); *6* — катапультируемое кресло; *7* — парашютный люк; *8* — стяжные ленты; *9* — антенны командной радиолинии; *10* — антенна системы «Сигнал» (система служит для определения местонахождения корабля); *11* — спускаемый аппарат; *12* — входной люк; *13* — баллоны со сжатым газом для системы ориентации; *14* — антенны системы двухсторонней радиотелефонной связи; *15* — узлы системы ориентации; *16* — телеметрическая антенна; *17* — тормозная двигательная установка; *18* — сопло двигателя последней ступени.

422. Космический корабль «Союз ТМ»

Космические корабли семейства «Союз» предназначены для решения многих задач в околоземном пространстве, осуществления полетов вокруг Земли, обслуживания орбитальных станций. Первый пилотируемый «Союз» был запущен 3.4.1967 г., а последний — «Союз-40» — 14.5.1984 г. На основе опыта эксплуатации «Союзов» были созданы и с 1979 г. начали полеты трехместные корабли «Союз Т» (запущено 15 «Союзов Т»). Затем эти корабли были модернизированы (установлены новые системы сближения и стыковки, радиосвязи, аварийного спасения, новая двигательная установка, корпус корабля изготовлен из более прочного металла и др.), и получили наименование «Союз ТМ». Первый корабль «Союз ТМ» стартовал (в непилотируемом варианте) 21.5.1986 г.

Космический корабль «Союз ТМ» состоит из трех отсеков (см. рис. 13): спускаемого аппарата, орбитального (бытового) отсека и приборно-агрегатного отсека. Герметичный спускаемый аппарат служит для размещения экипажа на участке выведения корабля на орбиту, при управлении кораблем в полете, при проведении операций по стыковке и расстановке и во время спуска на Землю. Корпус отсека имеет сегментально-коническую форму*, а в верхней части — люк для сообщения с обитаемым орбитальным отсеком и выхода экипажа после приземления. В спускаемом аппарате размещены пульт космонавтов, ручки управления кораблем, приборы и оборудование систем корабля, контейнеры для возвращаемой научной аппаратуры, запасы продуктов и др.

* Такая форма (напоминающая фару автомобиля или мотоцикла) при спуске аппарата в атмосфере создает аэродинамическую подъемную силу, вследствие чего траектория спуска становится более пологой, протяженной, что позволяет снизить перегрузки, действующие на экипаж, до 3—4 (по сравнению с 8—10 при спуске аппарата сферической формы).

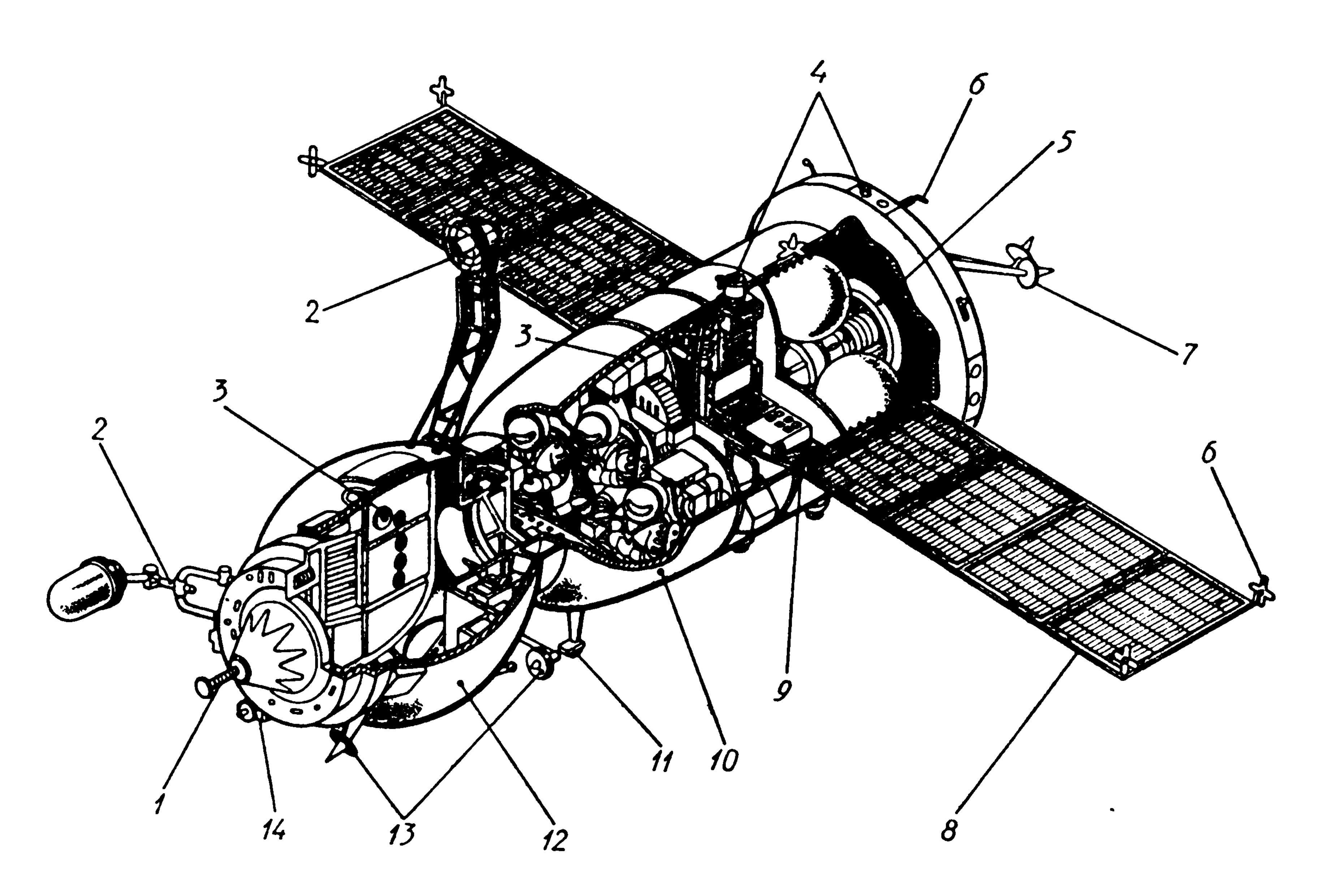


Рис. 13. Космический корабль «Союз ТМ»:

1 — передний стыковочный агрегат, *2* — антенны аппаратуры сближения; *3* — транспортируемый полезный груз; *4* — двигатели причаливания и ориентации; *5* — сближающе-корректирующий двигатель; *6* — антенны радиосистем; *7* — антенны аппаратуры сближения; *8* — солнечные батареи; *9* — приборно-агрегатный отсек; *10* — спускаемый аппарат, *11* — оптический ориентатор; *12* — бытовой отсек; *13* — антенны аппаратуры сближения, *14* — внешняя телекамера.

Орбитальный (бытовой) отсек герметичный, используется в качестве рабочего отсека при проведении научных экспериментов, для отдыха экипажа, перехода его в другой корабль и для выхода в космическое пространство. В корпусе расположены два люка (один соединяет бытовой отсек со спускаемым аппаратом, другой служит для посадки экипажа в корабль на стартовой позиции и для выхода в космос). В бытовом отсеке расположены пульт управления, приборы и агрегаты систем корабля, бытовое оборудование, научная аппаратура.

Приборно-агрегатный негерметичный отсек предназначен для размещения аппаратуры и оборудования основных систем корабля, обеспечивающих орбитальный полет,— двигателей, топливных баков и др.

Все три отсека корабля механически соединены между собой и разделяются при спуске корабля.

Основные характеристики космического корабля «Союз ТМ» приведены ниже.

Длина, м — 6,98
Максимальный диаметр, м — 2,72
Масса корабля, кг — 7070
Масса спускаемого аппарата, кг — 3000
Диаметр орбитального отсека, м — 2,2
Свободный объем жилых отсеков, $м^3$ — 6,5
Длина спускаемого аппарата, м — 2,1
Диаметр спускаемого аппарата, м — 2,2
Размах панелей солнечных батарей, м — 10,6
Максимальная перегрузка на участке спуска — 3—4

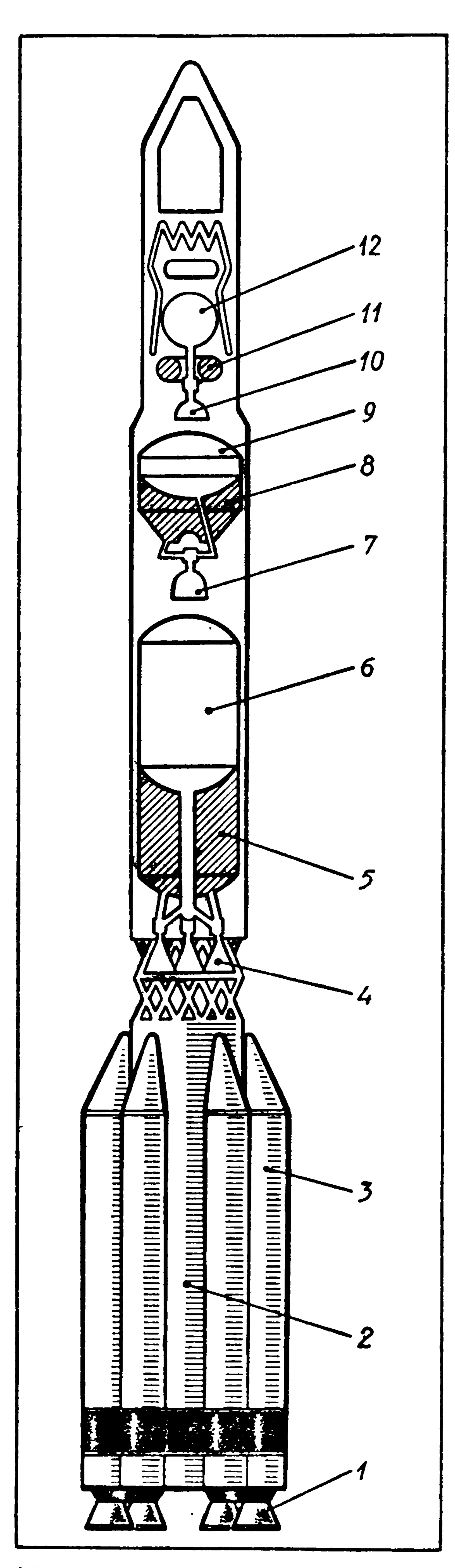
423. Полеты советских космонавтов

В таблице указывается: фамилия космонавта, сокращенное наименование космического корабля (Вк — «Восток», Вд — «Восход», С — «Союз», СТ — «Союз Т», СТМ — «Союз ТМ»), дата старта и продолжительность полета космонавта.

Гагарин Ю. А., Вк, 12.IV.61, 1 ч 48 мин
Титов Г. С., Вк-2, 6.VIII.61, 1 сут 1 ч
Николаев А. Г., Вк-3, 11.VIII.62, 3 сут 22 ч; С-9, 1.II.70, 17 сут 17 ч
Попович П. Р., Вк-4, 12.VIII.62, 2 сут 23 ч; С-14, 3.VII.74, 15 сут 18 ч
Быковский В. Ф, Вк-5, 14.II.63, 4 сут 23 ч; С-22, 15.IX.76, 7 сут 22 ч; С-31, 26.VIII.78, 7 сут 21 ч
Терешкова В. В., Вк-6, 16.VI.63, 2 сут 23 ч
Комаров В. М., Вд, 12.X.64, 1 сут 17 мин; С-1, 23.IV.67, 1 сут 3 ч
Феоктистов К. П., Вд, 12.X.64, 1 сут 17 мин
Егоров Б. Б., Вд, 12.X.64, 1 сут 17 мин
Беляев П. И., Вд-2, 18.III.65, 1 сут 2 ч
Леонов А. А., Вд-2, 18.III.65, 1 сут 2 ч; С-19, 15.VII.75, 5 сут 23 ч
Береговой Г. Т., С-3, 26.X.68, 3 сут 23 ч
Шаталов В. А., С-4, 14.I.69, 2 сут 23 ч; С-8, 13.X.69, 4 сут 23 ч; С-10, 23.IV.71, 2 сут
Волынов Б. В., С-5, 15.I.69, 3 сут 1 ч; С-21, 6.VII.76, 49 сут 6 ч
Елисеев А. С., С-5, 15.I.69, 3 сут 1 ч; С-8, 13.X.69, 4 сут 23 ч; С-10, 23.IV.71, 2 сут
Хрунов Е. В., С-5, 15.I.69, 3 сут 1 ч
Шонин Г. С., С-6, 11.X.69, 4 сут 23 ч
Кубасов В. Н., С-6, 11.X.69, 4 сут 23 ч; С-19, 15.VII.75, 5 сут 23 ч; С-36, 26.V.80, 7 сут 21 ч
Филипченко А. В., С-7, 12.X.69, 4 сут 23 ч, С-16, 2.XII.74, 5 сут 22 ч
Волков В. Н., С-7, 12.X.69, 4 сут 23 ч; С-11, 6.VI-71, 23 дня 18 ч
Горбатко В. В., С-7, 12.X.69, 4 сут 23 ч; С-24, 7.II.77, 17 сут 17 ч; С-37, 23.VII.80, 7 сут 21 ч
Севастьянов В. И., С-9, 1.VI.70, 17 сут 17 ч; С-18, 24.V.75, 62 дня 23 ч
Рукавишников Н. Н., С-10, 23.IV.71, 2 сут; С-16, 2.XII.74, 5 сут 22 ч; С-33, 10.IV.79, 1 сут 23 ч
Добровольский Г. Т., С-11, 6.VI.71, 23 дня, 18 ч
Пацаев В. И., С-11, 6.VI.71, 23 дня 18 ч
Лазарев В. Г., С-12, 27.IX.73, 1 сут 23 ч

Макаров О. Г., С-12, 27.IX.73, 1сут 23 ч; С-27, 10.I.78, 5 сут 23 ч; СТ-3, 27.XI.80, 12 сут 19 ч
Климук П. И., С-13, 18.XII.73, 7 сут 21 ч; С-18, 24.V.75, 62 дня 23 ч; С-30, 27.VI.78, 7 сут 22 ч
Лебедев В. В., С-13, 18.XII.73, 7 сут 21 ч; СТ-5, 13.V.82, 211 сут 9 ч
Артюхин Ю. П., С-14, 3.VII.74, 15 сут 18 ч
Сарафанов Г. В., С-15, 26.VIII.74, 2 сут
Демин Л. С., С-15, 26.VIII.74, 2 сут
Губарев А. А., С-17, 11.I.75, 29 сут 13 ч; С-28, 2.III.78, 7 сут 22 ч
Гречко Г. М., С-17, 11.I.75, 29 сут 13 ч; С-26, 10.XII.77, 96 сут 10 ч; СТ-14, 17.IX.85, 8 сут 21 ч
Жолобов В. М., С-21, 6.VII.76, 49 сут 6 ч
Аксенов В. В., С-22, 15.IX.76, 7 сут 22 ч; СТ-2, 5.VI.80, 3 сут 22 ч
Зудов В. Д., С-23, 14.X.76, 2 сут
Рождественский В. И., С-23, 14.X.76, 2 сут
Глазков Ю. Н., С-24, 7.II.77, 17 сут 17 ч
Коваленок В. В., С-25, 9.X.77, 2 сут 1 ч; С-29, 15.VI.78, 139 сут 15 ч; СТ-4, 12.III.81, 74 сут 18 ч
Рюмин В. В., С-25, 9.X.77, 2 сут 1 ч; С-32, 25.II.79, 175 сут 1 ч; С-35, 9.IV.80, 184 дня 20 ч
Романенко Ю. В., С-26, 10.XII.77, 96 сут 10 ч; С-38, 18.IX.80, 7 сут 21 ч; СТМ-2, 6.II.87, 326 сут 12 ч
Джанибеков В. А., С-27, С-39, СТ-6, СТ-12, СТ-13, всего в космосе 145 сут 16 ч
Иванченков А. С., С-29, 15.VI.78, 139 сут 15 ч; СТ-6, 24.VI.82, 7 сут 22 ч
Ляхов В. А., С-32, 25.II.79, 175 сут 1 ч; СТ-9, 27.VI.83, 149 сут 11 ч; СТМ-6, 29.VIII.88, 8 сут 20 ч
Попов Л. И., С-35, 9.IV.80, 184 дня 20 ч; С-40, 14.V.81, 7 сут 21 ч; СТ-7; 19.VIII.82, 7 сут 22 ч
Малышев Ю. В., СТ-2, 5.VI.80, 3 сут 22 ч; СТ-11, 3.IV.84, 7 сут 22 ч
Кизим Л. Д., СТ-3, 27.XI.80, 12 сут 19 ч; СТ-10, 8.II.84, 236 сут 23 ч; СТ-15, 13.III.86, 125 сут
Стрекалов Г. М., СТ-3, 27.XI.80, 12 сут 19 ч; СТ-8, 20.IV.83, 2 сут; СТ-11, 3.IV.84, 7 сут 22 ч; СТМ-10, 1.VIII.90
Савиных В. П., СТ-4, 12.III.81, 74 дня 18 ч; СТ-13, 6.VI.85, 168 сут 4 ч; СТМ-5, 7.VI.88, 9 сут 20 ч
Березовой А. Н., СТ-5, 13.V.82, 211 сут 9 ч
Серебров А. А., СТ-7, 19.VIII.82, 7 сут 22 ч; СТ-8, 20.IV. 83, 2 сут; СТМ-8, 6.IX.89, 166 сут 7 ч
Савицкая С. Е., СТ-7, 19.VIII.82, 7 сут 22 ч; СТ-12, 17.VII.84, 11 сут 19 ч
Титов В. Г., СТ-8, 20.IV.83, 2 сут; СТМ-4, 21.XII.87, 365 сут 23 ч
Александров А. П., СТ-9, 27.VI.83, 149 сут 11 ч; СТМ-3, 22.VII.87, 160 сут 7 ч
Соловьев В. А., СТ-10, 8.II.84, 236 сут 23 ч; СТ-15, 13.III.86, 125 сут
Атьков О. Ю., СТ-10, 8.II.84, 236 сут 23 ч
Волк И. П., СТ-12, 17.VII.84, 11 сут 19 ч
Волков А. А., СТ-14, 17.IX.85, 64 дня 22 ч; СТМ-7, 26.XI.88, 151 сут 11 ч
Васютин В. В., СТ-14, 17.IX.85, 64 дня 22 ч
Лавейкин А. И., СТМ-2, 6.II.87, 174 дня 3 ч
Викторенко А. С., СТМ-3, 22.VII.87, 7 сут 23 ч; СТМ-8, 6.IX.89, 166 сут 7 ч
Манаров М. Х., СТМ-4, 21.XII.87, 365 сут 23 ч
Левченко А. С., СТМ-4, 21.XII.87, 7 сут 22 ч
Поляков В. В., СТМ-6, 29.IX.88, 241 сут
Крикалев С. К., СТМ-7, 26.XI.88, 151 сут 11 ч
Соловьев А. Я., СТМ-5, 7.VI.88, 9 сут 20 ч; СТМ-9, 11.II.90, 179 сут 1 ч
Баландин А. Н., СТМ-9, 11.II.90, 179 сут 1 ч
Манаков Г. М., СТМ-10, 1.VIII.90

Примечание. С начала космических полетов и до 1.I.1989 г. во всем мире совершили космические полеты 211 человек, в том числе 67 советских космонавтов, 122 американских астронавта и 22 космонавта из других стран (из них 14 летали на советских и 8 — на американских космических кораблях).



В таблице приведены данные о мощных многоступенчатых ракетах для вывода в космос ИСЗ, космических кораблей, межпланетных станций, космических аппаратов, орбитальных станций и других полезных грузов.

На рисунке 14 показана схема ракеты-носителя «Протон».

Рис. 14. Схема ракеты-носителя «Протон»:

1 — двигатели 1-й ступени; *2* — центральный блок 1-й ступени; *3* — один из шести боковых блоков 1-й ступени; *4* — двигатели 2-й ступени; *5* — бак для горючего 2-й ступени; *6* — бак для окислителя 2-й ступени; *7* — двигатель 3-й ступени; *8* — бак для горючего 3-й ступени; *9* — бак для окислителя 3-й ступени; *10* — двигатель 4-го блока; *11* — бак для горючего 4-й ступени; *12* — бак для окислителя 4-й ступени.

Показатели	«Союз»	«Протон»	«Энергия»
Число ступеней	3	2—4	2
Число двигателей (ЖРД) 1-й ступени	4	6	4
То же 2-й ступени	1	4	4
То же 3-й ступени	1	1	—
То же 4-й ступени	—	1	—
Общая тяга ЖРД 1-й ступени, МН (тс)	4 (408)	8,8 (900)	31,6 (3220)
То же 2-й ступени, МН (тс)	0,94 (96)	2,35 (240)	7,8 (800)
То же 3-й ступени, МН (тс)	0,3 (30,4)	0,59 (60)	—
То же 4-й ступени, МН (тс)	—	0,083 (8,5)	—
Стартовая масса ракеты, т	310	...	2400
Масса полезного груза, выводимого на орбиту, т	7	>20	>100
Длина ракеты, м	39,3	44,3	60
Максимальный поперечный размер ракеты, м	10,3	7,4	20
Год начала полетов	1966	1965	1987

Примечание. В качестве топлива в двигателях указанных ракет применяются: на «Союзе» жидкий кислород и керосин, на «Протоне» — азотный тетроксид и несимметричный диметилгидразин (1—3-я ступени), жидкий кислород и керосин (4-я ступень), на «Энергии» — жидкий кислород и керосин (1-я ступень), жидкие кислород и водород (2-я ступень) (см. табл. 206).

Для запуска космических аппаратов научного и прикладного назначения используются и другие ракеты-носители: трехступенчатая «Циклон» (выводит 4 т на круговую орбиту высотой 200 км), четырехступенчатая «Молния» (выводит 1,5 т на высокоэллиптическую орбиту с апогеем 36 000 км), двухступенчатая «Зенит» с нетоксичными компонентами топлива (выводит 12 т на круговую полярную орбиту высотой 200 км).

Советские ракеты-носители имеют высокую степень надежности. За прошедшее двадцатилетие (с начала 1969 г. по май 1989 г.) было осуществлено 1426 пусков ракет-носителей, из которых 1377 (т. е. 96,6%) были успешными. Наиболее часто использовались ракеты «Союз» (578 пусков, из них успешных — 566 (97,9%), «Космос» (соответственно 333, 319, 95,8%), «Молния» (193, 183, 91,8%), «Протон» (132, 122, 92,4%), «Восток» (92, 91, 98,9%), «Циклон» (75, 73, 97,3%), «Зенит» (21, 21, 100%).

425. Орбитальная станция «Мир»

Станция предназначена для решения широкого круга задач в интересах мирного использования космоса (медико-биологических, астрофизических, исследований Земли, проведения научно-технических экспериментов и др.). «Мир» представляет собой базовый блок для построения многоцелевого, постоянно действующего комплекса со специализированными орбитальными модулями научного и народнохозяйственного назначения (см. табл. 426).

Станция «Мир» состоит из трех основных блоков (рис. 15): переходного (шарообразного, герметичного), рабочего (герметичного) и агрегатного (негерметичного). В хвостовой части станции (перед агрегатным отсеком) имеется герметичная промежуточная камера с задним стыковочным узлом (через эту камеру космонавты могут переходить из транспортного корабля в базовый блок).

Шарообразный переходный отсек имеет центральный (осевой) и боковые стыковочные узлы. Внутри отсека размещены агрегаты системы терморегулирования, обеспечения газового состава, телевидения и др. Снаружи на нем установлены гнездо для механического манипулятора (системы перестыковки модулей), антенны радиоаппаратуры сближения, телекамеры и др.

Рабочий отсек состоит из двух цилиндров различных диаметров, соединенных конической оболочкой. Передняя часть отсека, имеющая меньший диаметр,— служебная зона. Она является основным рабочим местом для экипажа: отсюда космонавты управляют всем космическим комплексом. Здесь установлены приборы, пульты управления и контроля, оптические визиры, средства связи и др.

Большая по объему часть служит бытовой зоной. В ней расположены индивидуальные каюты космонавтов, место для подготовки и приема пищи, емкости для воды, холодильник, спортивные тренажеры, предметы туалета и быта и др.

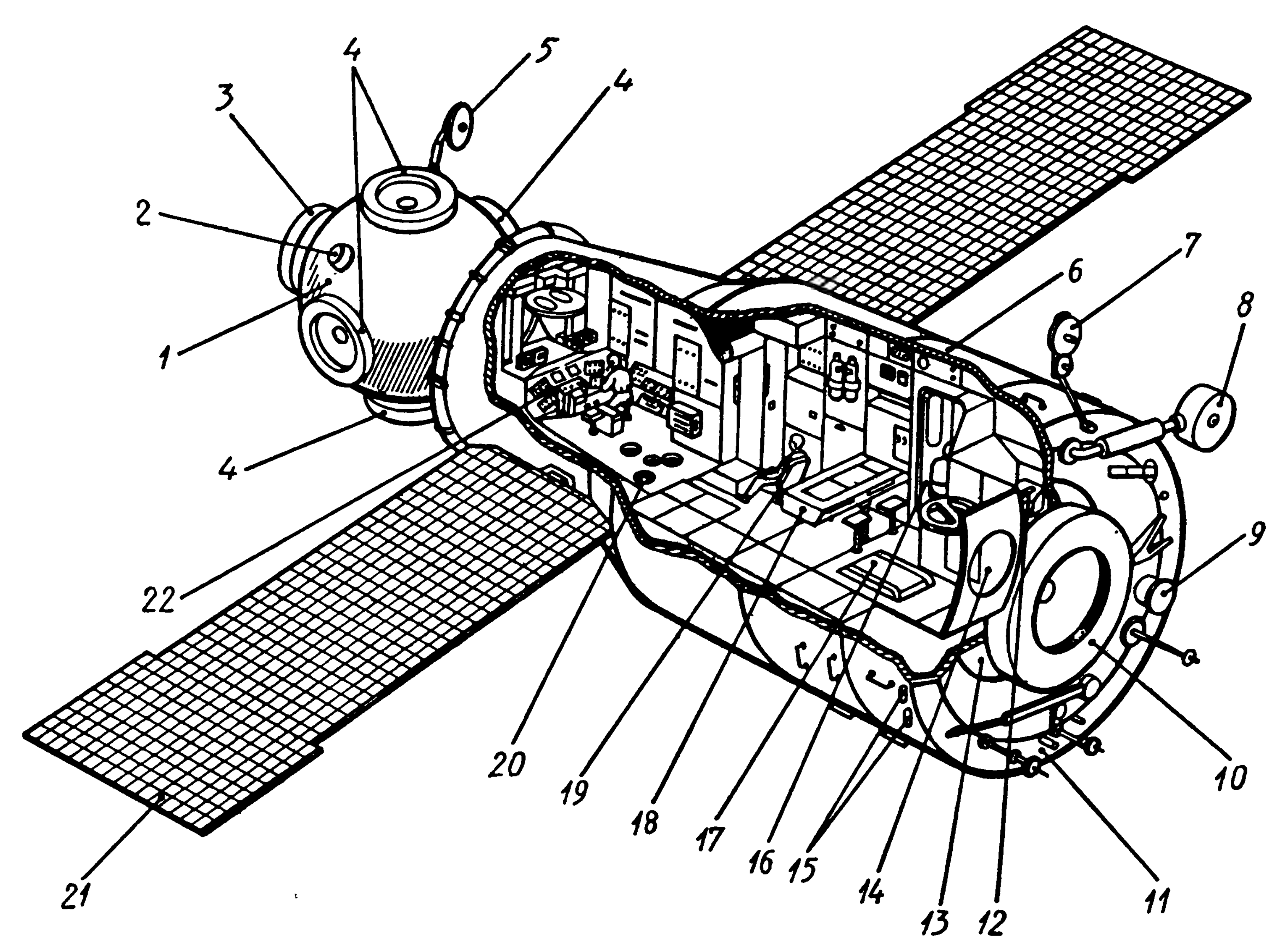


Рис. 15. Орбитальная станция «Мир»:

1 — переходный отсек; *2* — гнездо манипулятора; *3* — передний осевой стыковочный узел; *4* — боковые стыковочные узлы; *5* — антенна системы сближения; *6* — рабочий отсек; *7* — антенна системы сближения; *8* — остронаправленная антенна связи; *9* — маршевые двигатели; *10* — задний стыковочный узел; *11* — агрегатный отсек; *12* — умывальное устройство; *13* — промежуточная камера; *14* — люк рабочего отсека; *15* — двигатели ориентации; *16* — индивидуальная каюта; *17* — беговая дорожка; *18* — рабочий стол; *19* — велоэргометр; *20* — иллюминатор; *21* — солнечная батарея; *22* — центральный пост управления.

В агрегатном отсеке размещены топливные блоки с горючим и окислителем, двигатели различного назначения, оборудование систем терморегулирования, стыковки и др.

На борту станции установлено 8 вычислительных машин, максимально автоматизирующие процесс управления и выполнения программы полета.

Система электропитания станции включает солнечные батареи, изготовленные из арсенида галлия, и аккумуляторные батареи.

Станция на орбиту ИСЗ выведена 20.II.1986 г. ракетой-носителем «Протон» (см. табл. 424).

Ниже приведены данные, характеризующие орбитальную станцию «Мир»:

Длина станции, м . .	14	Масса станции, т	20,9
Максимальный диаметр, м . .	4,2	Свободный объем отсеков, м^3	100
Общее число стыковочных узлов	6	Диаметр шарообразного переходиого отсека, м	2
Число стыковочных узлов на переходном отсеке . . .	5	Площадь поверхности панелей солнечных батарей станции, м^2	76

Примечание. Станция «Мир» принадлежит к третьему поколению советских орбитальных станций. Ее предшественницами были семь станций серии «Салют». Станции «Салют-1» — «Салют-5» с их одинарными стыковочными узлами считаются станциями первого поколения, а ко второму поколению принадлежат орбитальные станции «Салют-6» и «Салют-7» с двумя стыковочными узлами. Первая станция «Салют» была запущена 19.IV.1971 г., а время ее существования составило 4 года 10 месяцев. Станция «Салют-7» стартовала 19.IV.1982 г. и активно работала на орбите 4 года 2 месяца. С ней было осуществлено 25 стыковок, ее посетили 10 экспедиций космонавтов, к ней летало 11 кораблей «Союз» и 15 грузовых кораблей «Прогресс». Для исследования влияния космического полета на бортовые системы, оборудование и элементы конструкции станции в условиях их длительной эксплуатации, станция

19—22.III.1986 г. была переведена на высокую орбиту (высотой ≈500 км), где она и ныне совершает полет в автоматическом режиме. Высота орбиты обеспечивает существование станции примерно до 2000 г.

Основные данные станции серии «Салют» таковы: высота полета над Землей ≈ 200—278 км, масса станции после вывода на орбиту 18,9 т, длина 13,6—16,0 м, поперечный размер станции по раскрытым солнечным батареям 16,5, максимальная продолжительность полета одного экипажа 237 сут, площадь поверхности панелей солнечных батарей на «Салютах-4—7» 60 м².

426. Специализированные модули орбитальной станции «Мир»

1. Астрофизический модуль «Квант» предназначен для внеатмосферных астрофизических исследований и решения различных научных и народнохозяйственных задач. Цилиндрический корпус модуля состоит из герметичного лабораторного отсека и негерметичного отсека научной аппаратуры. Модуль оборудован двумя стыковочными узлами: один служит для стыковки со станцией «Мир», а другой — для пристыковки к модулю транспортного космического корабля. В лабораторном отсеке работают космонавты, в нем размещены приборы, дисплей, агрегаты, обеспечивающие функционирование модуля и жизнедеятельность космонавтов. В отсеке научной аппаратуры, работающей в открытом космосе, расположена орбитальная обсерватория «Рентген» с телескопом-спектрометром «Пульсар X-1», а также спектрометры, ультрафиолетовый телескоп «Глазар» и др.

До стыковки модуль имел служебный блок («космический буксир»), снабженный двигателем для проведения на орбите маневров по сближению и стыковке модуля со станцией «Мир» (после стыковки блок был сброшен).

Длина модуля, м . . .	ок. 6	Масса модуля, т	11
Диаметр цилиндрической оболочки модуля, м	. 4,2	Объем лабораторного отсека, м³	. 40
		Дата запуска	31.III.1987 г.

2. Модуль дооснащения «Квант-2» доставил орбитальному комплексу «Мир» дополнительное оборудование с целью расширения исследований. На его борту находятся: система жизнеобеспечения с усовершенствованной аппаратурой для регенерации воды и получения кислорода методом электролиза, биотехнический комплекс, устройство для автономного передвижения космонавта в открытом космосе, аккумуляторы и др. «Квант-2» оснащен двумя солнечными батареями. Масса модуля около 20 т, длина 12 м.

Объем жилых помещений ≈ 60 м³. Дата запуска — 26.XI.1989 г.

3. Технологический модуль «Кристалл» предназначен для полупромышленного производства в невесомости материалов для микроэлектроники, биологически активных веществ.

В герметичном цилиндрическом корпусе модуля расположены рабочие места космонавтов, приборы, обеспечивающие жизнедеятельность экипажа, пять технологических установок. Масса модуля около 20 т. Запущен к орбитальному комплексу «Мир» 31.V.1990 г.

427. Космический корабль «Аполлон-11» и его ракета-носитель

«Аполлон-11» —американский пилотируемый трехместный космический корабль, доставивший на Луну первых людей. В таблице приведены данные о корабле, его полете и ракете-носителе.

Корабль (рис. 16) состоял из основного блока и пристыкованной к нему лунной кабины. Основной блок предназначался для доставки трех астронавтов на селеноцентрическую орбиту и возвращения их на Землю, а лунная кабина — для доставки двух астронавтов с селеноцентрической орбиты на поверхность Луны и возвращения их на селеноцентрическую орбиту.

В основной блок входили два отсека: трехместный отсек экипажа корабля с необходимыми запасами пищи, воды и отсек маршевого двигателя с баками для топлива. Лунная кабина включала две состыкованные ступени — взлетную и посадочную. Посадочная ступень имела двигательную установку с необходимым оборудованием, взлетная — двухместную кабину для астронавтов, стартовый двигатель (для старта с Луны), двигатели ориентации, баки для топлива, пульт ручного управления и др.

Когда корабль мощной ракетой-носителем был выведен на селеноцентрическую орбиту, астронавты через внутренний люк корабля перешли во взлетную ступень и лун-

ная кабина отделилась от основного блока, продолжавшего свое движение вокруг Луны. 20.VII.1969 г. лунная кабина мягко прилунилась, а на следующий день на поверхность Луны впервые ступил человек — Н. Армстронг (а вслед за ним Э. Олдрин). После 21,5-часового пребывания на естественном спутнике Земли астронавты стартовали на взлетной ступени к селеноцентрической орбите, использовав в качестве стартового стола посадочную ступень лунной кабины. На селеноцентрической орбите взлетная ступень состыковалась с основным блоком корабля, и астронавты перешли в отсек экипажа. После этого взлетная ступень была сброшена, а основной блок с помощью маршевого двигателя совершил переход на траекторию полета к Земле. 24.VII.1969 г. отсек экипажа приводнился в Тихом океане. Общая продолжительность полета астронавтов составила 8 сут 3 ч 18,5 мин.

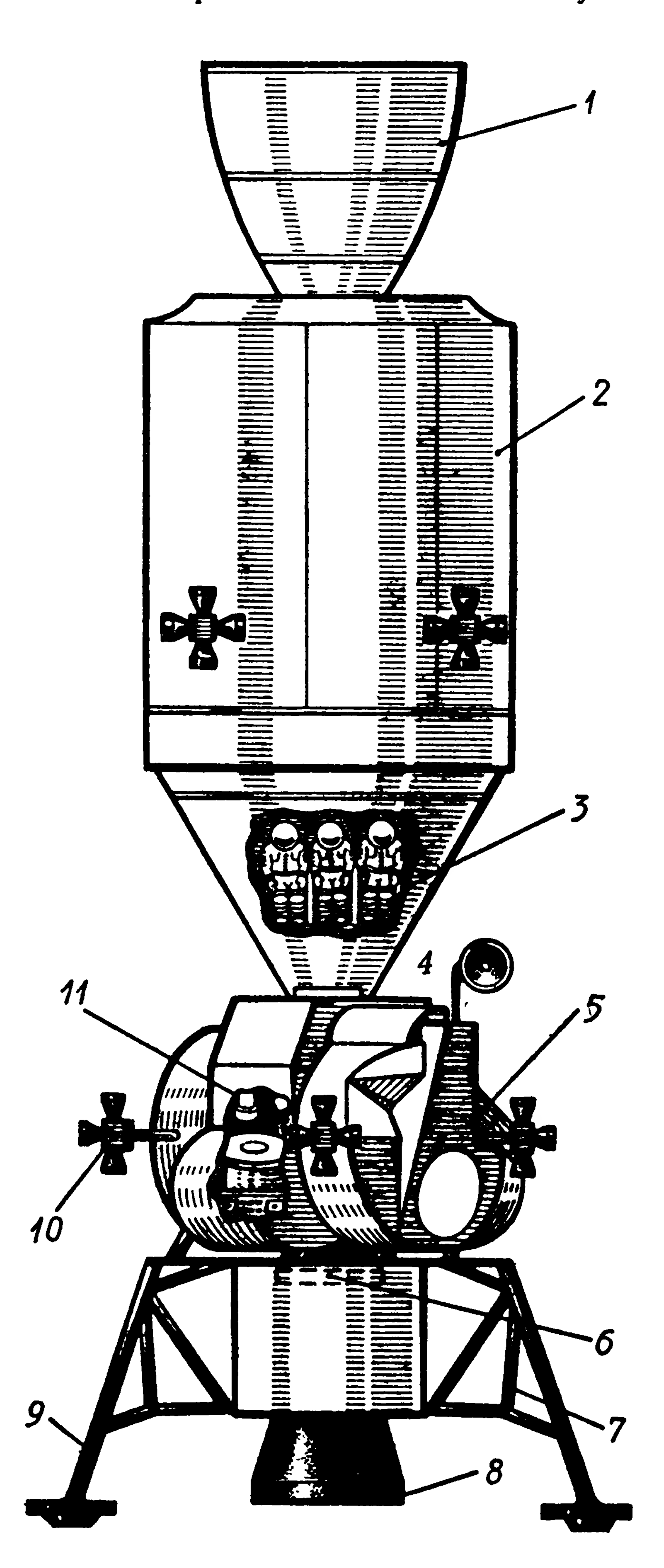


Рис. 16. Схема устройства космического корабля «Аполлон-11»:

1 — сопло маршевого двигателя корабля; *2* — основной блок корабля; *3* — отсек экипажа; *4* — внутренний люк; *5* — взлетная ступень лунной кабины; *6* — сопло двигателя взлетной ступени; *7* — посадочная ступень лунной кабины; *8* — сопло двигателя посадочной ступени; *9* — опорная нога посадочной ступени, *10* — блок двигателей ориентации; *11* — двухместная кабина взлетной ступени с пультом ручного управления.

Основные параметры корабля и его ракеты-носителя «Сатурн-V» даны ниже.

Масса корабля, т . . .	43,9
В том числе:	
основного блока	28,8
лунной кабины	15,1
Общая длина корабля, м	17,9
В том числе:	
отсека экипажа	3,5
отсека двигателя	7,5
взлетной ступени	3,2
посадочной ступени	3,7
Поперечный размер корпуса корабля и лунной кабины, м	4,3
Объем отсека экипажа, м^3	6,1
Объем кабины взлетной ступени, м^3 .	4,5
Тяга маршевого двигателя основного блока, кН (тс) .	91 (9,3)
Тяга двигателя, кН (тс):	
взлетной ступени	15,6 (1,6)
посадочной ступени . .	до 28 (до 2,7)
Стартовая масса ракеты-носителя, т	2950
Длина ракеты (с кораблем), м . . .	111
Диаметр корпуса ракеты, м	10,1
Диаметр по стабилизаторам, м . . .	19,2
Число ступеней ракеты	3
Тяга двигателей ракеты, кН (тс):	
1-й ступени (5 двигателей)	33 800 (3450)

2-й ступени (5 двигателей)	5100 (520)	Максимальный полезный груз, выводимый ракетой на траекторию полета к Луне, т . . .	47
3-й ступени (1 двигатель)	1023 (104)	Дата старта корабля на Луну	16.VII.1969 г.
Максимальный полезный груз, выводимый ракетой на низкую орбиту ИСЗ, т	180		

428. Транспортный грузовой космический корабль «Прогресс»

«Прогресс» — наименование советских транспортных грузовых кораблей, предназначенных для доставки различных грузов на орбитальные станции с целью обеспечения их длительной работы. Создан на базе корабля «Союз», но работает не в пилотируемом, а в автоматическом режиме. Состоит из трех основных отсеков: грузового, отсека компонентов дозаправки и приборно-агрегатного. В грузовом герметичном отсеке с обычной атмосферой размещаются доставляемые на станцию оборудование, запасы пищи, воды и др. Отсек оборудован стыковочным агрегатом и переходным люком-лазом, через который экипаж станции может входить в отсек и переносить доставляемое оборудование на станцию. В негерметичном отсеке дозаправки находятся баки с окислителем и горючим, баллоны со сжатым воздухом для станции и др. В третьем отсеке помещаются устройства двигательной установки, различная аппаратура.

«Прогресс» — корабль одноразового применения: по экономическим соображениям его возвращение на Землю не предусматривается. На орбиту выводится ракетой-носителем «Союз» (см. табл. 424). Первый корабль этой серии был запущен 20.I.1978 г. к орбитальной станции «Салют-6».

Ниже приводятся основные характеристики корабля «Прогресс».

Масса корабля, кг . . .	7020	Продолжительность полета, сут:	
Максимальный диаметр, м	2,7	автономного . . .	до 4
Длина, м	7	в составе орбитальной станции	до 60
Длина грузового отсека (со стыковочным агрегатом), м	3,2	Масса доставляемого полезного груза, кг . .	≈2300
Объем грузового отсека, $м^3$	6,6		

Примечание. С 23.VIII.1989 г. на космические орбиты стал запускаться автоматический грузовой транспортный корабль новой серии — «Прогресс-М». Он имеет бо́льшую грузоподъемность, продолжительность функционирования в космосе, повышенную маневренность.

429. Советские автоматические межпланетные станции

В таблице приведены данные о некоторых автоматических космических аппаратах (КА), запуски которых стали заметными вехами в истории развития советской космонавтики.

«Луна» — наименование серии КА для исследования естественного спутника Земли и космического пространства. «Л.-1», запущенная 2.I.1959 г., впервые достигла второй космической скорости и, пролетев на расстоянии 5—6 тыс. км от поверхности Луны, стала первым искусственным спутником Солнца. «Л-2» впервые совершила перелет с Земли на другое небесное тело (стартовала 12.IX, прилунилась 14.IX.1959 г.). «Л-3» совершила первый облет Луны и фотографирование ее обратной стороны. «Л.-9» осуществила первую мягкую посадку на поверхность Луны, а «Л.-10» стала первым искусственным спутником Луны. «Л.-16», «Л.-20» и «Л.-24» доставили на Землю образцы лунного грунта, а «Л.-17» и «Л.-21» доставили на поверхность Луны луноходы. Массы КА серии «Луна» составляли от 278,5 кг («Л.-3») до 5727 кг («Л.-16»). Всего в 1959—1976 гг. было выведено на орбиту 24 КА серии «Луна» («Л.-24» была запущена 9.VIII.1976 г.).

«Зонд» — наименование КА для изучения космического пространства и отработки техники дальних космических полетов. «З.-1» был выведен на орбиту 2.IV.1964 г.,

«З.-2» запущен в направлении планеты Марс, а «З.-3» — в сторону Луны; масса каждого из них составляла ≈950 кг. «З.-3» облетел Луну и произвел фотографирование ее обратной стороны. «З.-5—8» также произвели облет Луны, а их спускаемые аппараты возвратились на Землю (на «З.-5—7», в частности, находились земные существа — черепахи). Масса «З.-4—8» составляла 5200—5500 кг. Всего было запущено 8 КА серии «Зонд» («З.-8» запущен 20.X.1970 г.).

«Венера» — наименование автоматических межпланетных станций (АМС), предназначенных для изучения планеты Венера и межпланетного пространства. «В.-1», запущенная к планете 12.II.1961 г., прошла на расстоянии ≈100 тыс. км от поверхности, а «В.-2» — на расстоянии 24 тыс. км. 1.III.1966 г. СА* «В.-3» достиг поверхности планеты Венеры, осуществив первый в мире перелет на другую планету. СА «В.-7, -8» совершили первые мягкие посадки на поверхность планеты, а СА «В.-9,-10» стали первыми искусственными спутниками Венеры. За 1961—1983 гг. было выведено на орбиту 16 АМС серии «Венера». «В.-16» была запущена 7.VI.1983 г., а 14.X.1983 г. она стала искусственным спутником планеты. Масса АМС составляла от 643,5 («В.-1») до 5300 кг («В.-16»).

«Марс» — наименование АМС, предназначенных для изучения планеты и космического пространства. «М.-1» стартовал 1.XI.1962 г. и пролетел на расстоянии ≈200 тыс. км от поверхности планеты. Полет до Маркса двух аналогичных станций — «М.-2» и «М.-3»,— запущенных в мае 1971 г., продолжался более полугода; СА этих станций совершили посадку на поверхность планеты, а сами станции, преодолев расстояние ≈470 млн. км, стали первыми искусственными спутниками Марса (27.XI и 2.XII.1971 г.). С 1962 по 1973 г. стартовало 7 АМС серии «Марс». «М.-7» запущен 9.VIII.1973 г. Масса АМС «М.-1» составляла 893,5 кг, «М.-2,-3» — 4650 кг.

«Вега-1» и «Вега-2» — наименования двух аналогичных КА, созданных для исследований планеты Венера и кометы Галлея. Аппараты стартовали 15 и 21 декабря 1984 г. и, пройдя расстояние ≈500 млн. км, в июне 1985 г. достигли окрестностей планеты Венера, где от них отделились СА, а пролетные аппараты направились к комете Галлея. 6 и 9 марта 1986 г. они прошли на расстоянии ≈8—9 тыс. км от ядра кометы, передав на Землю ее телевизионные изображения и информацию о физических параметрах кометы. Была, в частности, уточнена масса ядра кометы: она оказалась равной $2 \cdot 10^{11}$ т.

430. Космический корабль многоразового использования «Спейс Шаттл»

«Спейс-Шаттл»** — наименование американского пилотируемого многоразового транспортного космического корабля (МТКК). Используется для вывода космических аппаратов различного назначения на геоцентрические орбиты высотой 200—500 км, проведения на орбите научных исследований, технических экспериментов, обслуживания космических аппаратов, обращающихся на орбите, доставки с борта этих объектов на Землю результатов исследований, а также самих космических аппаратов с целью их ремонта и повторного вывода на орбиту.

На рисунке 17 показана схема устройства МТКК.

Пилотируемый орбитальный корабль представляет собой гиперзвуковой летательный аппарат с дельтовидным крылом и по габаритам, массе и форме сравним с современным транспортным самолетом. В носовой части фюзеляжа орбитальной ступени расположена герметичная кабина экипажа, и в ней обеспечиваются условия для жизни и работы астронавтов. Среднюю часть занимает негерметичный грузовой отсек, разгрузка и загрузка которого производятся на орбите с помощью специального манипулятора длиной 15 м. Вся поверхность корабля покрыта слоем теплозащиты разного состава и толщины.

На рисунке 18 показана схема полета МТКК.

МТКК стартует вертикально, при старте включаются все маршевые ЖРД и ускорители. На высоте ≈40 км ускорители сбрасываются и на парашютах приводняются в океане (они могут быть использованы вновь). Маршевые двигатели, продолжая работать до полной выработки топлива из подвесного бака, доводят скорость полета

* Спускаемый аппарат
** От анг. space shuttle — космический челнок.

Рис. 17. Схема устройства многоразового транспортного космического корабля «Спейс Шаттл»:

1 — подвесной топливный бак; *2* — кабина астронавтов космического корабля; *3* — управляемый орбитальный корабль; *4* — ЖРД маневрирования орбитального корабля; *5* — основные ЖРД (маршевые) орбитального корабля (2-я ступень); *6* — твердотопливные ракетные ускорители (1-я ступень).

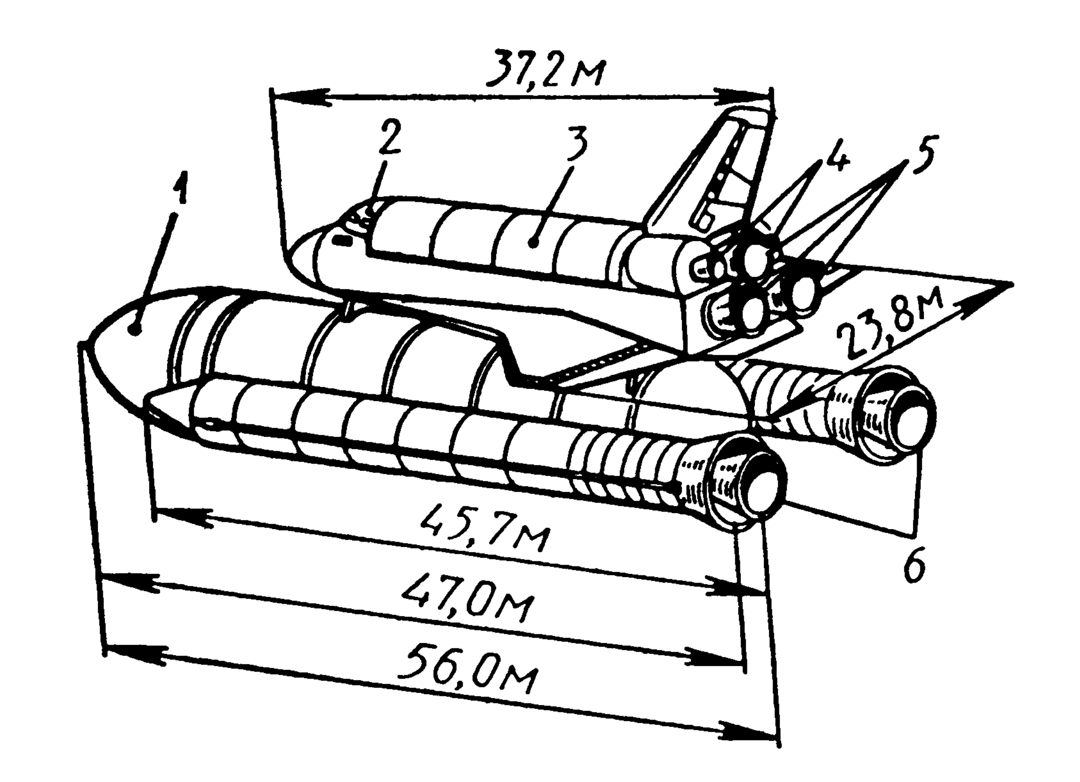


Рис. 18. Схема полета многоразового транспортного космического корабля «Спейс Шаттл»:

1 — пуск МТКК; *2* — отделение твердотопливных ускорителей; *3* — парашютная посадка ускорителей в океане; *4* — отделение сбрасываемого топливного бака; *5* — орбитальный полет; *6* — торможение орбитальной ступени и вход в атмосферу; *7* — посадка на аэродроме.

корабля почти до орбитальной, и бак сбрасывается (он сгорает в атмосфере). С помощью ЖРД маневрирования скорость полета корабля увеличивается, и он выводится на орбиту ИСЗ. Это же ЖРД обеспечивают последующие коррекции орбиты и торможение корабля для его возвращения на Землю. Орбитальный корабль после схода с орбиты совершает управляемую («самолетную») безмоторную посадку на колесное шасси на аэродромную полосу длиной ≈4,5 км.

Общая стартовая масса МТКК, т	2000	Тяга одного ЖРД маневрирования, кН (тс) . . .	27 (2,8)
Стартовая длина МТКК, м	56	Число ЖРД ориентации	44
Орбитальный корабль:		Твердотопливный ускоритель:	
Стартовая масса, т . . .	111	Число ускорителей . . .	2
Длина, м	37,3	Тяга одного ускорителя, кН (тс)	12 400
Размах крыла, м . . .	23,8	Продолжительность работы, с	122
Объем кабины экипажа, $м^3$	75	Длина корпуса, м . . .	45,7
Численность экипажа, чел.	до 7	Диаметр корпуса, м . .	3,7
Длительность орбитального полета, сут	до 30	Масса ускорителя, т . .	584
Длина грузового отсека, м	18,3	Подвесной топливный бак:	
Масса полезного груза, выводимого на орбиту, т	до 29,5	Длина, м	47
Масса полезного груза при возвращении на Землю, т	14,5	Диаметр, м	8,4
Число основных (маршевых) ЖРД	3	Масса топлива в баке при старте, т	706
Тяга на Земле одного маршевого ЖРД, кН (тс)	1700 (173)	В том числе:	
Топливо маршевого ЖРД кислородно-водородное		жидкого кислорода	604
Число ЖРД маневрирования	2	жидкого водорода . .	102
		Дата первого полета МТКК 12—14.IV.1981 г.	

Примечания. 1. Перегрузки при полете МТКК не превышают 3 единиц.

2. Все основные части МТКК (за исключением топливного бака) могут быть использованы неоднократно: ускорители до 20 раз, маршевые двигатели до 55 раз, орбитальный корабль до 100 раз.

431. Орбитальный корабль многоразового использования «Буран»

Воздушно-космический крылатый корабль «Буран» позволяет не только выводить на орбиту полезные грузы, но и доставлять их из космоса на Землю (например, спутники для ремонта или модернизации, а с автоматических аппаратов — приборы, материалы научных экспериментов и т. д.).

Старт и подъем корабля до высоты 150—160 км осуществляется ракетой-носителем «Энергия» (см. табл. 424). На указанной высоте корабль отделяется от центрального блока (2-й ступени) ракеты, и дальнейший его разгон до орбитальной скорости производится ЖРД корабля, которые и выполняют функции 3-й ступени. Форма «Бурана», как и корабля «Спейс Шаттл» (табл. 430), напоминает современный реактивный самолет с дельтовидным крылом — она определяется законами аэродинамики. В отличие от «Спейс Шаттла» «Буран» может выполнять полеты как с экипажем на борту, так и в автоматическом режиме.

В конструкции корабля использовано около 30 новых материалов, в том числе перспективные сплавы (титановые, бериллиевые, ниобиевые), а также неметаллические и композиционные материалы. Корпус корабля покрыт теплозащитными керамическими плитками, созданными на основе тонких волокон чистого кварца: при спуске корабля в атмосфере из-за аэродинамического торможения температура его поверхности может достигать весьма большого значения. Нос фюзеляжа и передние кромки крыла и киля, подвергающиеся наибольшему нагреву — до 1500—1600 °С, выполнены из специального тугоплавкого графитового материала.

Стартовая масса, корабля, т	105	Масса груза, доставляемого с орбиты, т	ок. 20
Длина корабля, м . . .	36,4	Масса теплозащитного покрытия, т	9
Диаметр фюзеляжа, м . .	5,6	Посадочная скорость, км/ч	ок. 340
Длина грузового отсека, м	18,3	Продолжительность автономного полета, сут . .	до 30
Диаметр грузового отсека, м	4,7	Дата первого полета корабля 15.XI.1988 г.	
Объем герметичной кабины экипажа, $м^3$	73		
Размах крыла, м . . .	ок. 24		
Высота на стоянке, м . .	16,5		
Масса груза, доставляемого на орбиту, т	до 30		

«Буран» рассчитан на 100 полетов по маршруту Земля — орбита — Земля.

432. Из истории полетов человека в космос

— Первый полет человека в космос (Ю. А. Гагарин, 1961 г.).

— Полет первого астронавта США (Д. Гриссом, 1962 г.).

— Наиболее длительный одиночный космический полет человека — 4 сут 23 ч (В. Ф. Быковский, 1963 г.).

— Первый космический полет женщин: В. В. Терешкова (1963 г.), С. Райд (США, 1983 г.).

— Полет первого космического экипажа (В. М. Комаров, К. П. Феоктистов, Б. Б. Егоров, 1964 г.).

— Первый выход человека в открытый космос (А. А. Леонов, 1965 г.).

— Первый пилотируемый полет к Луне с выходом корабля на селеноцентрическую орбиту (Ф. Борман, Д. Ловелл, У. Андерс, США, 1968 г.).

— Первый человек на Луне (Н. Армстронг, США, 1969 г.).

— Первый переход космонавтов из одного корабля в другой (после их стыковки) через открытый космос (А. С. Елисеев и Е. В. Хрунов, 1969 г.).

— Первая стыковка двух пилотируемых космических кораблей разных стран (СССР и США) и совместный полет по орбите космических экипажей (1975 г.).

— Космический полет первого международного экипажа (СССР — ЧССР, 1978 г.).

— Первый полет астронавтов в космическом корабле многоразового использования (США, 1981 г.).

— Первый выход человека в открытый космос без привязки (Б. Мак-Кадлесс и Р. Стюарт, США, 1984 г.).

— Наибольшее число космических полетов, осуществленных одним человеком,— 6 (Д. Янг, США), 5 (В. А. Джанибеков).

— Наиболее продолжительный полет человека в космосе — 336 сут (В. П. Титов и М. Х. Манаров).

— Наибольшее время пребывания человека в космосе — 430 сут 19 ч (за три полета, Ю. В. Романенко).

433. Советские космодромы

В таблице приведены некоторые данные о постоянно действующих космодромах страны.

Капустин Яр

Основан в 1946 г. Расположен на юге европейской части СССР в приволжской степи (Астраханская обл.) 18.X.1947 г. на космодроме состоялся первый в стране успешный запуск баллистической ракеты дальнего действия, созданной под руководством С. П. Королева. В течение 1949—1959 гг. в связи с подготовкой к полету человека в космос на космодроме была выполнена широкая программа биологических исследований на животных с использованием высотных ракет (в частности, с космодрома было запущено более двадцати ракет с собаками на борту на высоту от 100 до 473 км).

На космодроме размещены комплексы для запуска спутников типа «Космос», «Интеркосмос», геофизических ракет. С космодрома осуществлен запуск первого ИСЗ из серии «Интеркосмос».

Байконур

Космодром расположен в степной части Казахстана (Кзыл-Ординская обл.). С Байконура в августе 1957 г. стартовала первая советская межконтинентальная баллистическая ракета, а 4 октября — первый в мире ИСЗ. В ноябре 1957 г. с космодрома на орбиту был запущен второй ИСЗ с собакой «Лайкой» на борту, в 1960—1961 гг.— корабли-спутники, а 12 апреля 1961 г.— космический корабль «Восток», пилотируемый Ю. А. Гагариным.

С космодрома осуществлены все запуски пилотируемых космических кораблей, длительно функционирующих орбитальных станций, космических аппаратов для исследования Луны, Венеры, Марса и многих других аппаратов (серия исследовательских ИСЗ «Космос», связных и метеорологических ИСЗ «Метеор», «Молния» и др.).

Плесецк

Создан в 1960 г. Расположен на севере европейской части страны (Архангельская обл.). С космодрома запускались ИСЗ серии «Космос», связные типа «Метеор», серии «Интеркосмос».

Примечание. Космодромы имеют 10 стран: СССР, США, Франция, Италия, Австралия, Швеция, Норвегия, Япония, Китай, Индия. В этих странах расположено 19 космодромов.

434. Советские ускорители заряженных частиц

В таблице приведены некоторые данные о мощных советских ускорителях заряженных частиц на энергии от 1 ГэВ и более.

Ускоритель, место его установки и год пуска	Энергия ускоряемых частиц, ГэВ	Характеристика пучка		Частота импульсов, мин$^{-1}$
		число частиц в импульсе	средний ток, мкА	
Ускорители протонов				
Кольцевой ускоритель, Объединенный институт ядерных исследований, Международный научно-исследовательский центр социалистических стран, Дубна, 1957	10	10^{12}	$2,6 \cdot 10^{-3}$	7
Ускоритель протонов, Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва, 1961	7	$5 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{-2}$	15
Фазотрон, Физико-технический институт АН СССР, Гатчина (под Ленинградом), 1967	1	$1 \cdot 10^{11}$	1	3000—6000
Кольцевой ускоритель, Институт физики высоких энергий, Серпухов, 1967	76	$2,6 \cdot 10^{12}$	1,3	8
Ускорители электронов				
Линейный ускоритель, Физико-технический институт АН УССР, Харьков, 1965	2,0	$7 \cdot 10^{10}$	0,6	300
Синхротрон, НИИ ядерной физики, электроники и автоматики, Томск, 1965	1,3	$2 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^{-3}$	120
Кольцевой ускоритель, Ереванский физический институт, Ереван, 1967	6,0	$1 \cdot 10^{11}$	1	3000

435. Ускоритель протонов

В таблице приведены некоторые данные о самом крупном в СССР ускорителе протонов, сооруженном в Институте физики высоких энергий (ИФВЭ) вблизи Серпухова.

Энергия ускоряемых протонов, ГэВ	76
Энергия, до которой предварительно ускоряются (электрическим полем) протоны в линейном ускорителе, МэВ	100
Длина кольцевой вакуумной камеры, в которой протоны с энергией 100 МэВ ускоряются электрическим полетом до энергии 76 ГэВ, м	1483
Размеры поперечного сечения кольцевой вакуумной камеры	195 × 115мм
Средний радиус кольцевой вакуумной камеры (т. е. радиус орбиты, по которой движется пучок протонов), м	236
Остаточное давление в вакуумной камере:	
Па	10^{-4}
мм рт. ст.	10^{-6}
Энергия, сообщаемая протонам за один оборот, кэВ	190
Число оборотов, которое совершает протон, приобретая максимальную расчетную энергию	$4{,}0 \cdot 10^5$
Путь, проходимый протоном при наборе максимальной энергии, млн. км	0,5
Возрастание напряженности магнитного поля, удерживающего ускоряемые протоны на орбите в кольцевой камере:	
кА/м	от 6 до 960
Э	от 75 до 12 000
Продолжительность процесса нарастания магнитного поля (т. е. время одного цикла ускорения протонов), с	1,6
Масса электромагнита ускорителя, т	20 000
Сила тока в обмотках электромагнита, кА	до 10

Примечания. 1. Для проведения физических исследований ускоритель имеет три пузырьковые камеры, получившие наименование «Людмила», «Мирабель» и СКАТ («Серпуховская КАмера Тяжелая»).

Жидководородная пузырьковая камера «Людмила» — металлический корпус, закрытый оптическим стеклом,— имеет объем 0,8 м³ и длину 2 м. При работе камеры жидкий водород, находящийся при давлении 0,6 МПа (6 ат) и температуре — 247 °С, переводится в перегретое состояние путем понижения давления до 0,34 МПа. В момент прохождения заряженной частицы через перегретую жидкость образуются пузырьки пара, имеющие диаметр около 1 мм. В этот момент производится вспышка импульсной лампы, и путь частицы фотографируется четырьмя фотоаппаратами (для получения стереоскопической картины следа частицы).

Рабочая вместимость пузырьковой камеры СКАТ 7 м³, рабочая жидкость — фреон с пропаном. Верхнее давление в камере 2,5 МПа, нижнее — до 1 МПа; время, в течение которого давление падает от 2,5 до 1 МПа, 45 мс. Пузырьковая камера СКАТ — крупнейшая в СССР и одна из крупнейших в мире.

Жидководородная пузырьковая камера «Мирабель» имеет рабочую вместимость 6,5 м³, длину 4,5 м и общую массу (с комплектующими механизмами) около 3000 т.

2. Рядом с Серпуховским ускорителем на 76 ГэВ сооружается гигантский ускорительный комплекс на энергию 3000 ГэВ. Ниже приведены некоторые его параметры.

Число протонов, ускоряемых в одном цикле	$6 \cdot 10^{14}$
Длительность цикла, с	78
Длина кольцевой вакуумной камеры (тоннеля), м	19 288
Диаметр тоннеля, м	5,1
Напряженность магнитного поля сверхпроводящих электромагнитов, Тл	5
Масса сверхпроводящего кольцевого электромагнита, т	15 000
Максимальная потребляемая мощность, МВт	250

3. В настоящее время наиболее мощный ускоритель протонов (на 1000 ГэВ) действует в США (г. Батавия, штат Иллинойс).

436. Развитие связи в СССР

Показатели	1940 г.	1950 г.	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г	1988 г.
Число телефонных аппаратов, млн . .	1,7	2,3	11,0	23,7	31,1	33,0	35,3	37,5
В том числе: в городах	1,5	2,1	9,5	19,9	26,2	27,7	29,7	31,5
на селе	0,2	0,2	1,5	3,8	4,9	5,3	5,6	6,0
Число телевизионных станций	2	2	1233	3447	6812	7401	8066	8828
Число телерадиоприемных точек в народном хозяйстве, млн	7,0	13,3	129,6	216,3	265,2	272,6	279,5	286,8
В том числе: телевизоров	400 шт.	0,01	34,8	66,8	82,4	85,2	87,4	89,9
радиоприемников	1,1	3,6	48,6	67,9	80,1	88,6	82,9	83,7
трансляционных точек	5,9	9,7	46,2	81,6	100,7	104,8	109,2	113,7

Примечание. В настоящее время более 96% населения страны имеет возможность смотреть телевизионные передачи Но только около 31% семей в городах и 10% в сельской местности имеют телефоны.

437. Останкинская телевизионная башня в Москве

В таблице приведены основные физико-технические параметры Останкинской радио- и телевизионной башни в Москве, являющейся в настоящее время наиболее высоким свободно стоящим сооружением в мире. Она входит в состав Общесоюзного телевизионного центра имени 50-летия Октября.

Высота башни с флагштоком*, м	540
в том числе:	
высота конусообразного железобетонного ствола башни	385,5
высота стальной трубчатой антенны	147,7
Диаметр башни у основания, м	60
» » на высоте 63 м, м	18
» » » » 385,5 м, м	8,2
» стальной трубчатой антенны на высоте 385,5 м, м	4
Диаметр стальной трубчатой антенны на высоте 525 м, м	0,7
Масса башни (без фундамента), т	31 400
» » с фундаментом и грунтом, покрывающим фундамент, т	51 400
Площадь железобетонного фундамента башни, имеющего форму кольца, $м^2$	1940
Среднее давление башни на грунт, кПа ($кгс/см^2$)	270 (2,7)
Максимальное расчетное отклонение вершины башни от вертикали, м:	
под действием ветра	11,6
под действием нагревания от Солнца	2,2
Максимальное наблюдавшееся отклонение вершины башни, м:	
под действием ветра	3,5
под действием нагревания от Солнца	1,8
Число телезрителей, принимающих передачи непосредственно из Москвы, млн.	14
Период собственных колебаний башни, с	11,4
Высоты, на которых расположены смотровые площадки на башне, м	147; 269; 337
Число вертикально натянутых стальных канатов, расположенных в стволе железобетонной части башни по ее периметру	149
Диаметр каната, мм	38
Суммарное усилие, развиваемое натянутыми канатами, МН (тс)	10,7 (10 800)
Максимальная напряженность электрического поля на расстоянии 700—800 м от башни, В/м	1,7**
Максимальная плотность потока электромагнитной энергии телевизионного сигнала, мк $Вт/см^2$	3,9**
Расстояние от башни, на котором плотность потока электромагнитной энергии максимальна, м	300
Число скоростных пассажирских лифтов, обслуживающих башню	3
Скорость установившегося движения кабины пассажирского лифта, м/с	7
Время разгона лифта до скорости 7 м/с (оно равно времени торможения лифта до полной остановки), с	15
Среднее ускорение при разгоне (и торможении) лифта, $м/с^2$	0,47
Радиус уверенного приема телевизионных передач, км	120—130
Начало строительства	1960 г.
Начало радио-телепередач с Останкинского центра	4.XI.1967 г.

Примечание. На башне для передачи пяти телевизионных и шести радиовещательных программ установлено семь основных антенн, а также расположен комплекс аппаратуры для дистанционных метеорологических измерений, позволяющий измерять температуру и влажность воздуха, скорость ветра, солнечную радиацию, давление воздуха, дальность видимости, количество осадков и др.

* Башня состоит из двух частей: нижней — железобетонной и верхней — стальной трубчатой антенны.

** Санитарная норма соответствует 5 В/м и 6,7 $мкВт/см^2$.

438. Некоторые характеристики советских радиотелескопов

Название учреждения и телескопа	Место расположения телескопа	Размер антенны	Минимальная длина волны принимаемого радиоизлучения, см	Тип антенны
Крымская астрофизическая обсерватория Академии наук СССР, РТ-22	г. Симеиз Крымской обл.	22 м	0,4	Зеркальная параболическая полноповоротная
Физический институт Академии наук СССР, РТ-22	г. Пущино Московской обл.	22 м	0,6	То же
Научно-исследовательский радиофизический институт, РТ-25×2	г. Горький	25×2 м	0,13	Зеркальная. Неподвижный параболоид и наклоняемый плоский отражатель
Специальная астрофизическая обсерватория Академии наук СССР, РАТАН-600	Вблизи станицы Зеленчукская Ставропольского края	Кольцо диаметром 588 м, состоящее из 895 металлических отражателей размером 2×7,5 м каждый	0,8	Зеркальная. Переменного профиля
Главная астрономическая обсерватория Академии наук СССР, БПР	Пулково Ленинградской обл.	120×3 м	0,8	То же
Институт радиофизики и электроники Академии наук УССР, УТР-2	Харьков	Плечо «восток-запад» 900 м; плечо «север-юг» 1800 м	1250	Т-образная
Физический институт Академии наук СССР, ДКР-1000	г. Пущино Московской обл.	2 антенны 1000×40 м	250	Крестообразная решетка. Параболический цилиндр

439. Авиационный радиолокатор

В таблице приведены данные о радиолокаторе «Гроза», устанавливаемом на пассажирских самолетах и предназначенном для обнаружения областей грозовой деятельности и для обзора земной поверхности.

Мощность импульса, кВт	9
Длительность импульса, мкс	3,5
Частота повторения импульсов, $с^{-1}$	400
Масса радиолокатора, кг	50
Дальность обнаружения, км:	
грозовых очагов	200
крупных городов	350
водных ориентиров	160

440. Радиолокаторы для судов

Показатели	Название радиолокатора		
	«Океан»	«Наяда-2»	«Дон-2»
Длина волны, см	3,2		3,2
Мощность импульса, кВт	70; 100	12; 30	85
Длительность импульса, мкс	0,11; 0,50	0,07; 0,25	0,1; 0,5; 1,0
Частота импульсов, c^{-1}	2535; 845	3000; 1500; 750	3200; 1600; 800
Диапазон дальности действия, км	1,8—115	0,9—115	0,6—90
Частота вращения антенны, c^{-1} (об/мин)	0,27 (16)	0,32 (19)	0,24 (15)
Диаметр экрана, см	40	31	31
Потребляемая мощность, кВт	6—11	0,6	3,2—4,0

Приблизительная дальность обнаружения объектов, км

Берег	1—5	Большие здания на берегу	5—20
Шлюпки	до 2	Крупнотоннажные суда	10—20
Холмы и горы	15—40	Рыболовецкие траулеры	3—9

441. Современные глубоководные обитаемые аппараты

К началу 1990 г. в мире эксплуатировалось четыре глубоководных самоходных обитаемых аппарата для океанографических и других исследований — два в СССР и два за рубежом. В таблице приведены их основные технические данные.

Показатели	Название аппарата, страна		
	«Наутилус» (Франция)	«Си-Клифф» (США)	«Мир-1», «Мир-2» (СССР)
Сухая масса аппарата, т	18,5	29,0	18,6
Длина × ширина, м	8,0×2,7	8,6×3,6	7,8×3,8
Высота (без рубки), м	3,45	...	3,0
Максимальная скорость под водой, км/ч	4,6	3,7	9,2
Диаметр главной (обитаемой) сферы, м	2,1	2,1	2,1
Материал главной (обитаемой) сферы	титановый сплав	титановый сплав	никелевая сталь
Численность экипажа, чел.	3	3	3
Расчетная глубина погружения, м	6000	6000	6000
Год введения в эксплуатацию	1985	1985	1987

Примечания. 1. Советские глубоководные аппараты «Мир-1» и «Мир-2» идентичны по устройству и техническим данным.

2. Легкий корпус аппарата «Мир» изготовлен из слоистого материала большой прочности и имеет каплевидную форму. Внутри корпуса расположена стальная сфера с толщиной стенок в 40 мм, в этой сфере, называемой обитаемой, размещается экипаж аппарата. Жизнедеятельность экипажа обеспечивается кислородом, поступающим в обитаемую сферу из баллонов, а оксид углерода (IV) — углекислый газ — поглощается абсорбентом. Средства жизнеобеспечения позволяют экипажу работать в течение 3,5 суток.

Кроме обитаемой сферы в корпусе аппарата размещены балластные цистерны, железо-никелевые аккумуляторы емкостью 700 А. ч, бункеры для хранения образцов, другие устройства, а

также навигационная и исследовательская аппаратура, позволяющая, в частности, измерять плотность, температуру, электропроводность, давление, радиационные свойства забортной воды, скорость распространения в ней звука и др. Аппарат снабжен фото и телекамерами, локатором кругового обзора, прожекторами, он имеет три иллюминатора, два забортных манипулятора с захватами, которые могут брать со дна образцы массой до 80 кг и помещать их в бункер (общая грузоподъемность аппарата со дна — до 300 кг).

«Мир» может погружаться (для этого вода принимается в балластные цистерны), всплывать со скоростью 0,5—0,7 м/с (для этого вода из цистерн откачивается насосом высокого давления) или зависать на любой глубине. Для перемещения в водной толще аппарат снабжен тремя гидравлическими моторами с пропеллерами — двумя боковыми и главным (маршевым) двигателем, расположенным в корме.

442. Некоторые показатели научно-технического прогресса

	1980 г	1985 г	1986 г	1987 г	1988 г
Производство персональных ЭВМ, тыс. шт.	—	8,8	27,6	51,2	120
Темпы роста производства средств вычислительной техники (1980 г.-1)	1	1,7	2,0	2,2	2,5
Производство промышленных роботов, тыс. шт..	1,4	13,2	15,4	14,7	9,6
Производство металлорежущих станков с числовым программным управлением, тыс. шт.	8,9	17,8	20,3	21,0	22,5
Производство гибких производственных модулей, тыс. шт.	. . .	2,5	4,9	4,7	4,4
Производство роторных и роторно-конвейерных линий, комплектов	. . .	860	949	1191	1558
Число автоматических линий на предприятиях промышленности, комплектов . . .	27 386	34 278			
Производство электростали, млн. т	15,9	19,0	20,9	21,8	21,8
Удельный вес производства электроэнергии АЭС во всей выработке электроэнергии, %	5,6	10,8	10,1	11,2	12,6

443. Лауреаты Нобелевской премии по физике

1901 Рентген В. (1845—1923), Германия — за открытие лучей, названных его именем.

1902 Лоренц Х. (1853—1928), Голландия, Зееман П. (1865—1943), Голландия — за исследования влияния магнетизма на процессы излучения.

1903 Беккерель А. (1852—1908), Франция — за открытие спонтанной радиоактивности.

Кюри П. (1859—1906), Склодовская-Кюри М. (1867—1934), Франция — за изучение явления радиоактивности, открытого А. Беккерелем.

1904 Рэлей Дж. (1842—1919), Англия — за исследование плотности газообразных элементов и открытие в этой связи аргона.

1905 Ленард Ф. (1862—1947), Германия — за исследование катодных лучей.

1906 Томсон Дж. Дж. (1856—1940), Англия — за теоретические и экспериментальные исследования прохождения электричества через газы.

1907 Майкельсон А. (1852—1931), США — за создание прецизионных оптических инструментов и проведенных с их помощью спектроскопических и метрологических исследований.

1908 Липпман Г. (1845—1921), Франция — за создание метода цветной фотографии, основанной на явлении интерференции.

1909 Маркони Г. (1874—1937), Италия, Браун Ф. (1860—1918), Германия — за работы по созданию беспроволочного телеграфа.

Ван-дер-Ваальс Я. (1837—1923), Голландия — за вывод уравнений агрегатных состояний газов и жидкостей.

1911 Вин В. (1864—1928), Германия — за открытие законов теплового излучения.

1912 Дален Г. (1869—1937), Швеция — за изобретение автоматических регуляторов, предназначенных для осветительных систем маяков и буев.

1913 Камерлинг-Оннес Г. (1853—1926), Голландия — за исследование свойств тел при низких температурах и получение жидкого гелия.

1914 Лауэ М. (1879—1960), Германия — за открытие дифракции рентгеновских лучей на кристаллах.

1915 Брэгг Г. (1862—1942), Брэгг Л. (1890—1971), Англия — за важный вклад в изучение структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей.

1917 Баркла Ч. (1877—1944), Англия — за открытие характеристического рентгеновского излучения.

1918 Планк М. (1858—1947), Германия — за открытие кванта действия.

1919 Штарк И. (1874—1957), Германия — за открытие эффекта Доплера на каналовых лучах и эффекта расщепления спектральных линий в электрическом поле.

1920 Гильом Ш. (1861—1938), Швейцария — за открытие сплавов никеля и стали.

1921 Эйнштейн А. (1879—1955), Германия — за заслуги в области математической физики и особенно за открытие закона фотоэлектрического эффекта.

1922 Бор Н. (1885—1962), Дания — за заслуги в изучении строения атома.

1923 Милликен Р. (1868—1953), США — за работы по измерению элементарных электрических зарядов и фотоэлектрическому эффекту.

1924 Сигбан К. (1886—1978), Швеция — за спектроскопические исследования в диапазоне рентгеновских лучей.

1925 Франк Дж. (1882—1964), Герц Г. (1887—1975), Германия — за исследование столкновений электронов с атомами.

1926 Перрен Ж. (1870—1942), Франция — за исследования структуры вещества и открытие седиментационного* равновесия.

1927 Комптон А. (1892—1962), США — за открытие явления, носящего его имя.

Вильсон Ч. (1869—1959), Англия — за создание метода, который позволяет наблюдать следы электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара.

1928 Ричардсон О. (1879—1959), Англия — за исследование термоэлектронной эмиссии и прежде всего за открытие закона, носящего его имя.

1929 де Бройль Л. (1892—1987), Франция — за открытие волновой природы электронов.

1930 Раман Ч. (1888—1970), Индия — за открытие явления комбинационного рассеяния света.

1932 Гейзенберг В. (1901—1976), Германия — за создание квантовой механики в матричной форме.

1933 Шредингер Э. (1887—1961), Австрия, Дирак П. (1902—1984), Англия — за разработку новых форм атомной теории.

1935 Чэдвик Дж. (1891—1974), Англия — за открытие нейтрона.

1936 Андерсон К. (1905), США — за открытие позитрона.

Гесс В. (1883—1964), Австрия — за открытие космических лучей.

1937 Дэвиссон К. (1881—1958), США, Томсон Дж. П. (1892—1975), Англия — за открытие дифракции электронов на кристаллах.

1938 Ферми Э. (1901—1954), Италия — за открытие искусственной радиоактивности, вызванной бомбардировкой медленными нейтронами.

1939 Лоуренс Э. (1901—1958), США — за изобретение и усовершенствование циклотрона.

---

* Седиментация — оседание мелких частиц вещества в жидкости или газе под действием гравитационного поля или центробежных сил.

1943 Штерн О. (1888—1969), Германия — за развитие метода молекулярных пучков и открытие магнитного момента протона.

1944 Раби И. (1898), США — за разработку и применение резонансного метода для измерения магнитных моментов атомных ядер.

1945 Паули В. (1900—1958), Швейцария — за открытие принципа запрета, называемого также принципом Паули.

1946 Бриджмен П. (1882—1961), США — за изобретение прибора для получения сверхвысоких давлений и за открытия, которые он сделал с помощью этого прибора в области высоких давлений.

1947 Эплтон Э. (1892—1965), Англия — за исследование физических свойств верхних слоев атмосферы и прежде всего за открытие ионосферного слоя называемого слоем Эплтона.

1948 Блэккет П. (1897—1974), Англия — за усовершенствование камеры Вильсона и за открытия, сделанные с ее помощью в области ядерной физики и космических лучей.

1949 Юкава X. (1907—1974), Япония — за предсказание существования мезонов.

1950 Пауэлл С. (1903—1969), Англия — за усовершенствование фотографических методов изучения ядерных процессов и открытие мезонов.

1951 Кокрофт Дж. (1897—1967), Англия, Уолтон Э. (1903), Ирландия — за пионерские работы по трансмутации атомных ядер под воздействием искусственно ускоренных частиц.

1952 Блох Ф. (1905—1983), США, Перселл Э. (1912), США — за разработку метода точного измерения ядерного магнетизма н за открытия, сделанные с помощью этого метода.

1953 Цернике Ф. (1888—1966), Голландия — за разработку фазоконтрастного метода и изобретение фазоконтрастного микроскопа.

1954 Борн М. (1882—1970), ФРГ — за фундаментальные работы по квантовой механике.

Боте В. (1891—1957), ФРГ — за разработку метода совпадений и открытия, сделанные с его помощью.

1955 Лэмб У. (1913), США — за открытия, касающиеся структуры спектра водорода.

Каш П. (1911), США — за точное определение магнитного момента электрона.

1956 Шокли У. (1910), США, Бардин Дж. (1908), США, Браттейн У. (1902), США — за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта.

1957 Ли Ц. (1926), США, Янг Чж. (1922), США — за фундаментальные исследования законов четности, которые привели к важным открытиям в области элементарных частиц.

1958 Черенков П. А. (1904—1990), Франк И. М. (1908—1990), Тамм И. Е. (1895—1971), СССР — за открытие и объяснение эффекта Вавилова — Черенкова.

1959 Сегре Э. (1905), США, Чемберлен О. (1920), США — за открытие антипротона.

1960 Глазер Д. (1926), США — за изобретение пузырьковой камеры.

1961 Хофстедтер Р. (1915), США — за новаторские исследования рассеяния электронов на атомных ядрах и открытие структуры нуклонов.

Мессбауэр Р. (1929), ФРГ — за исследования резонансного поглощения гамма-излучения и открытие эффекта, носящего его имя.

1962 Ландау Л. Д. (1908—1968), СССР — за пионерскую теорию конденсированных сред, особенно жидкого гелия.

1963 Вигнер Ю. (1902), США — за вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц, прежде всего за открытие и применение принципов симметрии.

Йенсен X. (1907—1973), ФРГ, Гепперт-Майер М. (1906—1972), США — за разработку оболочечной модели атомного ядра.

1964 Таунс Ч. (1915), США, Басов Н. Г. (1922), СССР, Прохоров А. М. (1916), СССР — за фундаментальные исследования в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей нового типа — мазеров и лазеров.

1965 Томонага С. (1906—1979), Япония, Швингер Ю. (1918), США, Фейнман Р. (1918—1988), США — за фундаментальный вклад в развитие квантовой

электродинамики, имевшей глубокие последствия для физики элементарных частиц.

1966 Кастлер А. (1902—1984), Франция — за разработку оптических методов исследования колебаний атомов в области радиочастот.

1967 Бете Х. (1906), США — за вклад в теорию ядерных реакций и особенно за открытие цикла термоядерных реакций, являющихся источником энергии звезд.

1968 Альварес Л. (1911), США — за решающий вклад в физику элементарных частиц, прежде всего за открытие большого числа резонансов.

1969 Гелл-Ман М. (1929), США — за открытия, связанные с классификацией элементарных частиц и их взаимодействий.

1970 Альфвен Х. (1908), Швеция — за фундаментальные исследования в магнитогидродинамике и ее приложения в различных областях физики плазмы.

Неель Л. (1904), Франция — за исследования и фундаментальные открытия, нашедшие важные применения в физике твердого тела.

1971 Габор Д. (1900—1979), Англия — за создание голографии.

1972 Бардин Дж. (1908), Купер Л. (1930), Шриффер Дж. (1931), США — за разработку теории сверхпроводимости (БКШ-теории).

1973 Эсаки Л. (1925), Япония — за открытие явления туннелирования в твердых телах.

Джайевер А. (1929), США — за экспериментальное исследование явления туннелирования в полупроводниках и сверхпроводниках соответственно.

Джозефсон Б. (1940), Англия — за теоретические исследования по сверхпроводимости и туннелированию, в частности за открытие явления, получившего название эффекта Джозефсона.

1974 Райл М. (1918—1984), Англия — за разработку методов радиоастрономических наблюдений и изобретение метода синтеза наблюдательных данных.

Хьюиш Э. (1924), Англия — за исключительную роль в открытии пульсаров.

1975 Бор О. (1922), Дания, Моттельсон Б. (1926), Дания, Рейнуотер Дж. (1917), США — за открытие связи между коллективным движением и движением частицы в атомном ядре и развитие на основе этой связи теории структуры атомного ядра.

1976 Рихтер Б. (1931), США, Тинг С. (1936), США — за открытие тяжелых частиц нового типа (пси-частиц).

1977 Андерсон Ф. (1923), США, Мотт Н. (1905), Англия, Ван-Флек Дж. (1899—1980), США — за фундаментальные теоретические исследования в области электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем.

1978 Капица П. Л. (1894—1984), СССР — за открытия и основополагающие изобретения в области физики низких температур.

Пензиас А. (1933), США, Вильсон Р. (1936), США — за открытие реликтового излучения.

1979 Вайнберг С. (1933), США, Глэшоу Ш. (1932), США, Салам А. (1926), Пакистан — за фундаментальный вклад в создание теории, объединяющей слабое и электромагнитное взаимодействия.

1980 Кронин Дж. (1931), США, Фитч В. (1923), США — за открытие нарушения фундаментальных принципов симметрии в распаде нейтральных К-мезонов.

1981 Бломберген Н. (1920), США, Шавлов А. (1921), США — за вклад в развитие лазерной спектроскопии.

Сигбан К. (1918), Швеция — за вклад в развитие электронной спектроскопии высокого разрешения.

1982 Вильсон К. (1936), США — за разработку теории критических явлений при фазовых переходах.

1983 Чандрасекар С. (1910), США — за теоретические исследования физических процессов, определяющих структуру и эволюцию звезд.

Фаулер У. (1911), США — за теоретические и экспериментальные исследования ядерных реакций в звездах и создание теории образования химических элементов Вселенной.

1984 Руббиа К. (1934), Италия, Ван-дер-Меер С. (1925), Голландия — за определяющий вклад в проект, осуществление которого привело к открытию частиц, переносящих слабые взаимодействия.

1985 фон Клитцинг К. (1943), ФРГ — за открытие квантового эффекта Холла.

1986 Руска Э. (1906), ФРГ — за фундаментальные работы по электронной оптике и за создание первого электронного микроскопа.
Бининг Г. (1947), ФРГ, Popep Г. (1933), Швейцария — за создание растрового туннельного микроскопа.

1987 Мюллер К. (1927), Швейцария, Беднорц Г. (1950), ФРГ — за экспериментальное открытие высокотемпературной сверхпроводимости.

1988 Ледерман Л. (1922), США, Шварц М. (1932), США, Штейнбергер Д. (1921), США — за метод нейтринного пучка и демонстрацию дуплетной структуры лептонов благодаря открытию мюонного нейтрино.

1989 Рамзей Н. (1915), США — за изобретение метода выделения колебательных полей и их использование для создания цезиевых атомных часов и водородного мазера, и Демельт Г. (1922), США и Пауль В. (1922), ФРГ — за разработку устройства ионной электромагнитной ловушки.

Примечания. 1. Нобелевские премии по физике и химии присуждаются Шведской академией наук.
2. В 1916, 1931, 1934, 1940, 1941 и 1942 гг. премии по физике не присуждались.

444. Происхождение слов и терминов, встречающихся в физике*

А

Абберация от лат. aberrare — отклоняться, заблуждаться

Авиа... от лат. avis — птица; составная часть сложных слов, обозначающая «авиационный»

Авто... от греч. autos — сам

Автомат от греч. automatos — самодействующий

Автомобиль от греч. autos — сам + лат. mobilis — подвижной

Автотрансформатор от греч. autos — сам + лат. transformare — преобразовывать

Агрегат от лат. aggregatus — присоединенный

Адаптация от лат adaptare — приспособлять, прилаживать

Адиабатический, адиабатный от греч. adiabatos — непереходимый

Аккомодация от лат. accomodatio — приспособление, приноровление

Аккумулятор от лат. accumulator — собиратель

Акр англ. acre — мера площади

Актино... от греч. aktis — луч

Актинограф см. актино + греч. grapho — пишу

Актинометр см. актино + греч. metreo — измеряю

Акустика от греч. akustikos — слуховой

Аллотропия от греч. allos — другой + + греч. trope — изменение

Альбедо от лат. albus — светлый

Альтиметр — от лат. altum — высота + + греч. metreo — измеряю

Амальгама от греч. malgama — мягкая подкладка

Амортизация от франц. amortir — ослаблять, смягчать

Аморфный греч. amorphos — бесформенный

Амплитуда от лат. amplitudo — пространность, обширность

Анализ от греч. analysis — разложение, расчленение, разбор

Анемо... от греч. anemos — ветер

Анемограф — см. анемо... + греч. grapho — пишу

Анемометр см. анемо... + греч. metreo — измеряю

Анероид греч. a — частица отрицания + греч. neros — влажный (жидкий), вода + греч. eidos — вид

Анион от греч. ана — вверх + греч. ion — идущий

Аннигиляция от лат. annihilatio — уничтожение, буквально — превращение в ничто

* В таблице указывается происхождение иноязычных слов и терминов, наиболее часто встречающихся в научной, научно-популярной и методической литературе по физике. Вслед за заглавным словом дается сокращенное указание на первоначальный источник этого слова (лат.— латинский язык, греч.— древнегреческий язык, франц — французский язык и т. д) и его перевод. В сложных словах указывается происхождение каждой его части, в этом случае составные части слова разделяются знаком плюс. Греческие слова даны в латинской транскрипции. Если заглавное слово и иноязычное слово однозначны, то последнее дается, как правило, без перевода, например, камертон, барн и др.

Анод от греч. anodos — путь вверх, восхождение
Аномалия греч. anomalia — отклонение от нормы, от общей закономерности, неправильность
Антенна от лат. antenna — рея, мачта
Анти... от греч. anti...— приставка, употребляющаяся для выражения противоположности или враждебности чему-нибудь
Антикатод см. анти + греч. kathodos — схождение, спуск, возвращение
Апертура от лат. apertura — отверстие
Апланат от греч. aplanes — не отклоняющийся, безошибочный
Апогей от греч. apogeios — удаленный от Земли
Апоселений от греч. apo — из, от + греч. selene — Луна
Апохромат греч. apo — прочь, без + croma — краска, цвет
Аппарат лат. apparatus — прибор, снаряд, приспособление, оборудование
Ар — франц. are от лат area — площадь
Ареометр от греч. araios — рыхлый, жидкий + греч. metreo — измеряю
Арматура от лат. armatura — вооружение, снаряжение
Арретир от немец. arretierung, от франц. arreter — останавливать
Асимптота от греч. asymptotes — несовпадающий
Асинхронный — греч. a — частица отрицания + греч. synchronos — одновременный
Астатический греч. a — частица отрицания + греч. statos — стоящий
Астигматизм — греч. a — частица отрицания + греч. stigme — точка
Астро... от греч. astron — звезда
Астронавт — см. астро + греч. nautes — (море) плаватель
Астронавтика — см. астро + греч. nautike — кораблевождение
Астрономия от греч. astron — звезда + + греч. nomos — закон
Астрофизика — см. астро + греч. physis — природа
Атмосфера от греч. atmos — пар + греч. sphaira — шар
Атом от греч. atomos — неделимый
Аудиметр лат. audire — слушать + греч. metreo — измеряю
Афелий от греч. apo — вдали от + греч. helios — солнце
Ахромат от греч. achromatos — бесцветный
Аэро... от греч. aer — воздух
Аэродинамика — см. аэро + греч. dynamikos — относящийся к силе, силовой
Аэродром — см. аэро + греч. dromos — место для бега
Аэроплан от греч. aer — воздух + франц. planer — парить
Аэростат см. аэро + греч. statos — стоящий, неподвижный
Аэростатика см. аэро + греч. statike — учение о равновесии

Б

Баланс от франц. balance — весы
Баллон от франц. ballon — полый шар
Бар от греч. baros — тяжесть, груз
Барн англ. barn
Баро... от греч. baros — тяжесть
Барограф см. баро + греч. grapho — пишу
Барометр см. баро + греч. metreo — измеряю
Бароскоп см. баро + греч. skopeo — смотрю
Батискаф от греч. bathys — глубокий + + греч. skaphos — судно
Батисфера от греч. bathys — глубокий + греч. sphaira — шар
Би...— лат. bi...— дву(х)... от лат. bis — дважды
Биллион от франц. billion — 10^9 (миллиард)
Бинарный от лат. binarius — двойной
Бинауральный от лат. bini — пара, два + лат. auris — ухо
Бинокль франц. binocle от лат. bini — пара, два + лат. oculus — глаз
Био... от греч. bios — жизнь
Биофизика см. био + греч. physis — природа
Бифилярный см. би + лат. filum — нить
Блок от англ. block — часть подъемного механизма в виде колеса с желобом по окружности
Бобина от франц. bobine — катушка
Болометр от греч. bole — луч + греч. metreo — измеряю

В

Вакуум от лат. vacuum — пустота
Вакуумметр см. вакуум + греч. metreo — измеряю
Вариометр от лат. varius — различный + греч. metreo — измеряю
Ватерпас от голланд. waterpas
Вектор от лат. vector — везущий, несущий
Вентиль от немец. Ventil — клапан
Вертикаль от лат. verticalis — отвесный
Вибратор от лат. vibrare — колебать, качать, дрожать

Г

Газ — франц. gaz от греч. chaos — хаос
Гекто... от греч. hekaton — сто
Геликоптер от греч. helix — вращение+греч. pteron — крыло
Гелио...— от греч. helios — Солнце
Гелиограф см. гелио+греч. grapho — пишу
Генератор от лат. generator — родитель, производитель
Гео... от греч. ge — земля
Геофизика см. гео+греч. phisis — природа
Гепта... от греч. hepta — семь
Гептод см. гепта+(электр)од
Гетеро... от греч. heteros — другой, соответствует русскому «разно...»
Гетерогенный см. гетеро+греч. genos — род
Гетеродин см. гетеро+греч. dynamis — сила
Гига... от греч. gigas — великан, что-либо чрезвычайно большое
Гигро... от греч. hydros — влажный
Гигрометр см. гигро+греч. metreo — измеряю
Гидравлический от греч. hydraulikos — водяной
Гидро... от греч. hydor — вода, влага
Гидрогенератор см. гидро+см. генератор
Гидродинамика см. гидро+греч. dynamikos — относящийся к силе, силовой
Гидролокация см. гидро+лат. locus — место
Гидростатика см. гидро+греч. statike — учение о равновесии
Гидроэнергетика см. гидро+греч. energeia — деятельность
Гипер... от греч. hyper — над, сверх
Гиперон см. гипер+греч. (elektr)on — (электр)он
Гипотеза от греч. hypothesis — предположение
Гироскоп от греч. gyros — круг, кольцо+греч. skopeo — смотрю, наблюдаю
Гистерезис от греч. hysteresis — недостаток, нехватка
Годограф от греч. hodos — путь+греч. grapho — пишу
Гомо... от греч. homos — равный, одинаковый, взаимный, общий (соответствует русскому «одно...»); противоположно понятию гетеро...
Гомогенный от греч. homogenus — однородный, обладающий одними и теми же свойствами
Горизонт от греч. horison — разграничивающий
Гравиметрия от лат. gravis — тяжелый+metreo — измеряю
Гравитация от лат. gravitas — тяжесть
Градиент от лат. gradiens — шагающий, идущий
Градус от лат. gradus — шаг, ступень, степень
Грамм — франц. gramme от греч. gramma — мелкая мера массы
... грамма — от греч. gramma — письменный знак, черта, линия (соответствует слову «запись» — например, телеграмма)
Граммофон от греч. gramma — письменный знак, черта, линия+греч. phone — звук
Гран от лат. granum — крупинка
График от греч. graphikos — начертанный
Графо... от греч. grapho — пишу

Д

Де... лат. de...— приставка, означающая отделение, удаление, отмену
Девиация от лат. deviatio — уклонение (от лат. de — от+лат. via — дорога)
Дедукция от лат. deductio — выведение
Дейтерий от греч. deuteros — второй
Дека... от греч. deka — десять
Деклинатор от лат. declinatio — отклонение, уклонение, склонение
Декремент от лат. decrementum — убавление
Демонстратор от лат. demonstrator — указатель, показыватель
Демонстрация от лат. demonstratio — показывание
Демпфер от немец. Dämpfer — глушитель
Денсиметр, денситометр от лат. densus (densi) — плотный, густой+греч. metreo — измеряю
Детандер от франц. detendre — уменьшать давление и лат. detendere — ослаблять
Детектор от лат. detector — раскрывающий, обнаруживающий, отрывающий
Детонация от лат. detonare — прогреметь
Дефект от лат. defectus — изъян, недостаток, недочет
Дефектоскопия от лат. defectus — изъян, недостаток+греч. skopeo — смотрю
Деформация от лат. deformatio — изменение формы, искажение
Деци... от лат. decem — десять
Диаграмма от греч. diagramma — чертеж, рисунок

Диаметр от греч. diametros — поперечник
Диапазон от греч. dia pason — через все (струны) — звуковой объем голоса или музыкального инструмента
Диапозитив греч. dia — через + лат. positivus — положительный
Диафрагма от греч. diaphragma — перегородка
Дилатометрия от лат. dilatare — расширять + греч. metreo — измеряю
Дина от греч. dynamis — сила
Динамика от греч. dynamikos — относящийся к силе, силовой
Динамо... от греч. dynamis — сила
Динамометр см. динамо + греч. metreo — измеряю
Диод от греч. di(s) — дважды + см. (электр)од
Диоптрия от греч. dia — через, сквозь и opteuo — вижу
Диполь от греч. di(s) — дважды + греч. polos — полюс
Дис... от лат. dis..., греч. dys...— приставка, обозначающая разделение, отделение, отрицание, расстройство, нарушение
Дискретный от лат. discretus прерывистый, состоящий из отдельных частей, разделенный
Дислокация от франц. dislocation — перемещение, смещение
Дисперсия от лат. dispersus — рассеянный, рассыпанный
Диссоциация от лат. dissociatio — разъединение, разделение
Дистиллят от лат. distillatus — стекший по каплям
Дисторсия от лат. distortio — искривление
Дифракция от лат. diffractus — преломленный, разломанный
Дифференциал от лат. differentia — разность
Диффузия от лат. diffusio — распространение, растекание
Дихроматический от греч. di(s) дважды + греч. chroma(chromatos) — цвет
Доза от греч. dosis — определенное количество
Домкрат от немец. Daumkraft — механизм для подъема
Дрейф от галланд. drijven — гнать, плавать
Дроссель от немец. Drossel — катушка, клапан
Дуализм от лат. daulis — двойной, двойственный
Дуант от лат. duo — два
Дуплекс от лат. duplex — двойной
Дюралюминий (дюраль) от лат. durus — твердый + алюминий

З

Зона от греч. zone — пояс, область
Зонд от франц. sonde — щуп
Зуммер от немец. summen — жужжать

И

Игнитрон от лат. ignis — огонь + см. (элек)трон
Изо... от греч. isos — равный, одинаковый, подобный
Изобары см. изо + греч. baros — тяжесть, вес
Изоляция от франц. isolation — разобщение, обособление
Изомеры см. изо + греч. meros — доля, часть
Изоморфизм см. изо + греч. morphe — вид, форма
Изотермы см. изо + греч. therme — теплота, жар
Изотопы см. изо + греч. topos — место
Изотропия от греч. isos — равный, одинаковый + tropoi — образ действия, поведение
Изохоры см. изо + греч. chora — пространство
Изохронизм см. изо + греч. chronos — время
Иконоскоп от греч. eikon — изображение + греч. skopeo — смотрю
Иллюзия от франц. illusion — обман, обманчивое представление
Импеданс от лат. impedire — препятствовать
Импульс от лат. impulsus — толчок к чему-либо, побуждение, стремление, быстрый скачок
Инвар от лат. invar (iable) — неизменный
Инверсия от лат. inversio — переворачивание, перестановка, перемещение
Инвертор от лат. invertere — обращать, превращать
Индикатор от лат. indicator — указатель
Индуктор от лат. inductor — побудитель, возбудитель
Индукция от лат. inductio — возбуждение, наведение
Инертный от лат. iners (inertis) — бездеятельный, неподвижный
Инерция от лат. inertia — неподвижность, бездеятельность
Инклинатор от лат. inclino — наклоняю
Инструкция от лат. instructio — наставление
Интенсивный от лат. intensio — напряжение, усиление
Интерференция от лат. inter — меж-

ду + лат. ferens — несущий, переносящий
Инфра... от лат. infra — под
Ион от греч. ion — идущий
Иррадиация — от лат. irradiare — сиять

К

Кавитация от лат. cavitas — углубление, полость
Калори... от лат. calor — тепло, жар
Калориметр см. калори + греч. metreo — измеряю
Камера — лат. camera — свод, комната, палата
Камера-обскура от лат. camera obscura — темная комната
Камертон от немец. Kammerton
Канал от лат. canalis — труба, желоб, канава
Капилляр от лат. capillaris — волосной
Катион от греч. kata — вниз + греч. ion — идущий
Катод от греч. kathodos — схождение, спуск, путь вниз
Квадрант от лат. quadrans — четвертая часть
Квант нем. Quantum — количество, масса от лат. quantum — сколько
Кенотрон от греч. kenos — пустой + см. (элек)трон
Кибернетика от греч. kybernetike — искусство управления
Кило... от греч. chilioi — тысяча
Кинематика от греч. kinema (kinematos) — движение
Клапан от нем. Klappe — устройство для перекрывания отверстия
Клемма от нем. Klemme — тиски
Коаксиальный от лат. co(n)c — вместе + лат. axic — ось; соосный
Когерентность от лат. cohacrentia — сцепление, связь
Коллектор от лат. collector — собирающий
Коллиматор от collimare — искаженное латинское слово collineare — направлять на одну точку, прицеливаться
Колориметр лат. color — цвет + греч. metreo — измеряю
Кóма от греч. kome — волосы
Коммутатор от лат. commutare — менять, переменять
Компаунд от англ. compound — составной, сложный
Компенсатор от лат. compensare — уравнивать, уравновешивать
Компрессор от лат. compressus — сжимание
Конвекция от лат. convectio — привоз, принесение, достaвка
Конвертер (конвертор) от лат. convertere — изменять, превращать
Конденсатор от лат. condenso — сгущаю, уплотняю
Конденсор от лат. condensare — сгущать, уплотнять
Кондуктор от лат. conductor — сопровождающий, проводник
Константа от лат. constans — постоянный
Контакт от лат. contactus — соприкосновение, соединение
Констраст от франц. contraste — противоположность
Корона от лат. corona — венец, венок
Корпускула от лат. corpusculum — тельце
Космодром — см. космос + греч. dromos — место для бега, бег.
Космонавт от греч. kosmos — вселенная + греч. nautes (море) плаватель
Космонавтика от греч. kosmos — вселенная + греч. nautike — кораблевождение
Космос от греч. kosmos — вселенная
Коэрцнтивная от лат. coercitio — удерживание
Коэффициент от лат. co — совместно + лат. efficiens — производящий
Криогенный от греч. kryos — холод, лед + греч. genos — рождение
Кристалл от греч. krystallos — буквально лёд, горный хрусталь
Кумуляция от лат. cumulatio — увеличение, скопление
Кювета от франц. cuvette — чан, таз

Л

Лаборант от лат. laborans — работающий
Лазер от англ. laser (light amplification stimulated emission of radiation — усиление света с помощью стимулированного излучения)
Ламинарный от лат. lamina — пластинка, полоска
Лептоны от греч. leptos — легкий
Линейный от лат. linea — линия
Линза от нем. Linse — чечевица
Локальный от лат. locatia — местный
Лупа от франц. loupe
Люкс от лат. lux — свет
Люмен от лат. lumen — свет
Люминесценция от лат. lumen — свет + + лат. escent — суффикс, означающий слабое действие
Люминофор от лат. lumen — свет + + греч. phoros — несущий

М

Магнето англ. magneto — сокращение от magnetoelectrik machine
Магнетрон от греч. magnetis — см. магнит + см. (элек)трон
Магнит от греч. Magnetis eithos камень из Магнесии*
Магнитострикция см. магнит(о) + лат. strictio — натягивание
Мазер от англ, maser — (microwave amplification by stimulated emission of radiation — усиление микроволн с помощью стимулированного излучения
Макро... от греч. makros — большой
Максимум от лат. maximum — наибольшее
Манганин от лат. manganum — марганец
Манометр от греч. manos — редкий, неплотный + греч. metreo — измеряю
Масса от лат. massa — ком, кусок, глыба
Математика — греч. mathematike от mathema — познание, наука
Машина от лат. machina — сооружение
Мега... от греч. megas — большой
Мез(о)... от греч. mesos — средний, промежуточный, срединный
Мезоны см. мез(о) + (электр)он
Мензурка от лат. mensura — мера, мерка
Мениск от греч. meniskos — лунный серп
Метр от греч. metron — мера
... метр — от греч. metron — мера, metreo — измеряю; вторая составная часть сложных слов
Метроном от греч. metron — мера + + греч. nomos — закон
Механизм от греч. mechane — орудие, сооружение
Микро... от греч. mikros — малый
Микрометр — см. микро + греч. metreo — измеряю
Микрон от греч. mikron — маленькое
Микроскоп см. микро + греч. skopeo — смотрю
Микрофон см. микро + греч. phone — звук
Милли... от лат. mille — тысяча
Миллибар — см. милли... + бар от греч. baros — тяжесть
Минимальный от лат. minimus — самый малый, наименьший
Минус от лат. minus — меньше
Модель от итальян. modello — образец, упрощенная схема объекта или явления

* Магнесия — древний город в Малой Азии

Модуль от лат. modulus — мера
Модуляция от лат. modulatio — мерность, размеренность
Молекула от лат. moles — масса, с уменьшительным суффиксом — cula — наименьшая частица вещества
Момент — лат. momentum от movere — миг, мгновение
Моно... от греч. monos — один, единый, единственный
Монокуляр см. моно... + лат. ocularis — глазной
Монохорд см. моно + греч. chore — струна
Монохроматический см. моно + греч. chromatikos — цветной, окрашенный
Мотор от лат. motor — приводящий в движение
Мотороллер — нем. Motoroller, буквально: катящийся с помощью мотора и rollen — катить
Мотоцикл от лат. motor — двигатель + + греч. kyklos — круг, колесо

Н

Нано... от греч. nannos — карлик
Негатив от лат. negativus — отрицательный
Нейтральный от лат. neuter — ни тот, ни другой
Нейтрино от итальян. neutrino — уменьшительное от итальян. neutrone — нейтрон
Нейтрон от лат. neuter — ни тот, ни другой
Нит от лат. nitere — блестеть
Ноль (нуль) от лат. nullus — никакой
Номография от греч. nomos — закон + + греч. grapho — пишу
Норд от голланд. noord — северный
Нуклон от лат. nucleus — ядро
Нутация от лат. nutatio — качание, колебание

О

Объектив от лат. objectus — предмет
Октод от греч. okto + (электр)од — восемь
Окуляр от лат. ocularıs — глазной, oculus — глаз
Опалесценция от лат. opalus — молочно-глубоватый или желтовато-белый с радужными оттенками минерал + лат. суффикс escentia — слабое действие
Оптика от греч. optike — наука о зрении
Оптиметр от греч. optos — видимый + + греч. metreo — измеряю

Орбита от лат. orbita — колея, дорога, путь
Осмос от греч. osmos — толчок, давление
Ост от нем. ost — восток
Осциллограф от лат. oscillum — качание, колебание + греч. grapho — пишу

П

Пара... от греч. para — возле, мимо, вне — часть сложных слов, означающая отклонение, нарушение чего-либо, нахождение рядом
Парабола от греч. parabole — приближение, сравнение
Парсек см. пар(аллакс) + сек(унда)
Параллакс от греч. parallaxis — уклонение
Параллель от греч. parallelos — рядом идущий
Парамагнетизм см. пара + см. магнетизм
Параметр от греч. parametron — отмеривающий
Парашют франц. parachute — от греч. para — против + франц. chute — падение
Пентод от греч. pente — пять
Период от греч. periodos — обход, круговращение
Перигей от греч. peri... возле, около + + греч. ge — Земля
Периселений от греч. peri ...вокруг, возле, около + греч. selene — Луна
Перископ от греч. peri ...возле, около + + греч. skopeo — смотрю, наблюдаю, рассматриваю
Пермаллой от англ. perm(eability) — проницаемость + англ. alloy — сплав
Перпендикуляр от лат. perpendicularis — отвесный
Перпетуум мобиле от лат. perpetuum mobile — вечно движущееся
Пик от франц. pic — вершина, высшая точка
Пико... от итальян. piccolo — небольшой, мелкий
Пиргелиометр от греч. pyr — огонь + + helios — солнце + metreo — измеряю
Пирометр от греч. pyr — огонь + греч. metreo — измеряю
Плазма от греч. plasma, буквально — вылепленное, оформленное, образование
Планета от греч. planetos — блуждающий
Плюс от лат. plus — более, больше
Пневматический от греч. pneumatikos — воздушный
Позитив от лат. positivus — положительный
Позитрон от лат. positivus — положительный + (элек)трон
Поли... от греч. poly — много, многое
Полимеры от греч. polymeres — многообразный, состоящий из многих частей
Полиспаст от греч. polyspaston от poly — много + spao — тяну
Политехнизм, политехнизация от греч. poly — много + греч. techne — искусство, ремесло, мастерство
Полюс лат. polus от греч. polos — оконечность земной оси, земная и небесная ось
Полярный от лат. polaris — относящийся к полюсу
Помпа от франц. pompe — насос
Понтон — франц. ponton от лат. pons — мост, ponto — плоскодонное судно
Постулат от лат. postulatum — требование
Потенциал от лат. potentia — возможность, сила
Потенциометр от лат. potentia — возможность, сила + греч. metreo — измеряю
Практикум от греч. praktikos — деятельный
Пресс от лат. pressus — давление
Прецессия — позднелат. praecessio — движение впереди от лат. praecedo — иду впереди, предшествую
Прецизионный от франц. precision — точность
Принцип от лат. principium — основа, первоначало
Приоритет — нем. Priozitat от лат. prior — первый
Про...— лат. pro — приставка со значением: являющийся сторонником, действующий в интересах кого-либо, чего-либо
Проектор от лат. projector — выбрасывающий вперед
Программа от греч. programma — объявление, предписание
Прогресс — лат. progressus — развитие нового, передового, успех
Проекция от лат. projectio — бросание вперед
Прожектор от лат. projectio — бросание вперед
Промилле от лат. pro mille — на тысячу
Пропедевтика от греч. propaideuo — предварительно обучаю
Пропеллер от лат. propellere — гнать, толкать
Протий от греч. protos — первый
Протон от греч. protos — первый
Протуберанец нем. Protuberanzen от лат. protuberare — вздуваться
Процент от лат. pro centum — на сотню

Процесс от лат. processus — движение вперед, продвижение
Психрометр от греч. psychros — холодный + греч. metreo — измеряю
Пульсация от лат. pulsatio — толкание, удар
Пульт нем. Pult от лат. pulpitum — подмостки, помост
Пьеза от греч. piezo — давлю

Р

Радар от англ. radar (radio detecting and ranging — обнаружение и определение расстояния при помощи радио)
Радиан от лат. radius — луч, радиус
Радиатор от лат. radiare — искать. излучать
Радиация от лат. radiatio — сияние, блеск, излучение
Радио от лат. radio — излучаю
Радиоактивность — см. радио + лат. activus — деятельный, действенный
Радиолокация см. радио + лат. locatio — место, расположение
Радиофикация см. радио + лат. facere — делать
Радиус от лат. radius буквально — спица колеса, луч
Ракета от немец. Rakete или итальян. rocchetta — летательный снаряд
Растр от лат. rastrum — грабли
Рафинирование от франц. raffiner — очищать
Ре...— лат. приставка re, обозначающая повторное, возобновляемое, обратное действие, противодействие
Реактор — лат. приставка re...— противо... + лат. actor — действующий, приводящий в движение
Реакция лат. приставка re...— против + + лат. actio — действие
Реверберация — от лат. reverberare — отражать
Реверсивный от лат. reversus — обратный
Регулятор от лат. regulare — приводить в порядок
Редуктор англ. reductor — понижать, уменьшать от лат. reductor — отводящий назад, приводящий обратно
Резервуар — франц. reservoir от лат. reservare — сохранять, сберегать
Резистор — англ. resistor от лат. resisto — сопротивляюсь
Резонанс от лат. resonans — дающий отзвук
Рейтер от немец. Reiter — всадник
Рекомбинация — лат. re — приставка, означающая возобновление + лат. combinare — соединять
Релаксация — от лат. relaxatio — уменьшение напряжения, ослабление
Реле от франц. relais — перепряжка
Релятивный от лат. relativus — относительный
Реостат от греч. rheos — поток, течение + греч. statos — стоящий
Реохорд от греч. rheos — поток + греч. chorde — струна
Репродуктор — лат. re...— вновь + лат. producere — производить
Ретина от лат. retina — сетка
Ретрансляция лат. re...— вновь + translatio — передача
Рефлектор от лат. reflectere — отражать
Рефракция от позднелатинского refractio — преломление
Ротор от лат. rotare — вращать
Рулетка от франц. rouler — свертывать, вращать

С

Санти...— от франц. cent — сто
Сателлит от лат. satellitis — спутник
Сейсмо... от греч. seismos — колебание, землетрясение
Секунда от лат. secunda (divisio) — второе деление (первоначально градуса, а потом и часа)
Секция от лат. sectio — разрезание, разделение
Селективность от лат. selectio — выбор, отбор
Сенсибилизатор от лат. sensibilis — чувствительный
Сенсорный от лат. sensus — чувство, ощущение, восприятие
Сериес от лат. series — ряд
Серия от лат. series — ряд
Сигнал от лат. signum — знак
Синтез от греч. synthesis — соединение, сочетание, составление
Синус от лат. sinus — изгиб, кривизна
Синхронный от греч. syn — вместе + + греч. chronos — время
Синхротрон от греч. syn — вместе + + chro(nos) — время + см. (элек)трон
Синхрофазотрон от греч. synchronos — одновременный + греч. phasis — проявление + см. (элек)трон
Синхроциклотрон см. Фазотрон
Система от греч. systema — буквально: целое, составленное из частей, соединение
Сифон от греч. siphon — трубка
Скаляр от лат. scalaris — лестничный, ступенчатый
Скафандр от греч. skaphe — лодка, ладья, челнок + греч. aner(andros) — человек
Скин-эффект от англ. skin — кожа, оболочка + лат. effectus — действие

Склера от греч. sklera — твердая
...скоп(ия) — от греч. skopeo — смотрю, рассматриваю, наблюдаю; ...скоп(ия) — вторая часть сложных слов, означающая рассматривание, наблюдение
Соленоид от греч. solen — трубка + греч. eidos — вид
Спектр от лат. spectrum — видимое, видение
Спектрограф от лат. spectrum — видимое + греч. grapho — пишу
Спектроскоп от лат. spectrum — видимое + греч. skopeo — смотрю
Спин от англ. spin — вращаться, вертеться
Спинтарископ от греч. spinther — искра + греч. skopeo — смотрю
Спонтанный от лат. spontaneus — самопроизвольный
Стабилизатор от лат. stabilis — устойчивый, постоянный
Стандарт от англ. standard — норма, образец, мерило, основа, эталон
Статика от греч. statike — учение о равновесии
Статор от лат. stator — стоящий неподвижно
Стереоскоп от греч. stereos — пространственный, объемный + греч. skopeo — смотрю
Стильб от греч. stilbos — блестящий
Стратопауза от лат. stratum — настил + лат. pausa от греч. pausis — прекращение
Стратосфера от лат. stratum — слой, настил + греч. sphaire — шар
Стробоскоп от греч. strobos — вихрь, кружение + греч. skopeo — смотрю
Струбцинка от нем. Schraubzwinge — винтовой зажим
Структура от лат. structura — строение, расположение, порядок
Сублимация от лат. sublimo — возносить
Супер... от лат. super — сверху, сверх, более, над
Супергетеродин см. супер + греч. heteros — другой, иной + греч. dyn(amis) — сила
Сурдокамера от лат. surdus — глухой + см. камера
Сфера от греч. sphaira — шар
Схема от греч. schema — образ, вид, форма
Сцинтилляция от лат. scintillatio — сверкание, искрение, мерцание

Т

Таблица от лат. tabula — доска
Табло от франц. tableau картина, изображение
Тахометр от греч. tachys — быстрый, скорый + греч. metreo — измеряю
Текстолит от лат. textum — ткань + греч. lithos — камень
Теле... от греч. tele — вдаль, далеко
Телевизор см. теле + лат. visio — видение
Телеграф см. теле + греч. grapho — пишу
Телескоп см. теле + греч. skopeo — смотрю
Телефон см. теле + греч. phone — звук
Температура от лат. temperatura — нормальное состояние, соразмерность, надлежащее смешение
Тензометр лат. tendo — нарягаю, растягиваю + греч. metreo — измеряю
Теория от греч. theoria — рассмотрение, исследование, научное познание
Тера... от греч. teras — чудовище, огромный
Термистор от греч. therme жар, тепло + англ. (res)istor — сопротивление
Термо... от греч. thermo — тепло, жар
Термограф см. термо + греч. grapho — пишу
Термодиффузия см. термо + лат. diffusio — распространение
Термоионная эмиссия см. термо + греч. ion — идущий + лат. emissio — испускание, излучение
Термометр см. термо + греч. metreo — измеряю
Термосфера — см. термо + сфера
Тетрод от греч. tetra — четыре + греч. hodos — дорога, путь
Техника от греч. techne — искусство, мастерство, умение
...типия — от греч. typos — отпечаток, оттиск; вторая составная часть сложных слов
Тиратрон от греч. thyra — дверь + см. (элек)трон
Тон от греч. tonos — напряжение, ударение
Траектория от лат. trajectus — передвижение
Трамвай от англ. tramway от tram — вагон + way — дорога
Транзистор от англ. tran(ster) — переносить + англ. (re)sistor — сопротивление
Трансляция от лат. translatio — передача
Трансформатор от лат. transformare — преобразовывать
Трек от англ. track — след, дорожка
Трибометрия от греч. tribos — трение и metreo — измеряю
Триллион от франц. trillion — 10^{12}
Триммер от англ. trimmer — подстроечный конденсатор

Триод от греч. tri — три (в сложных словах) + (электр)од
Тритий от греч. tritos — третий
Тропопауза от греч. tropos — поворот + лат. pausa от греч. pausis — прекращение
Тропосфера от греч. tropos — поворот + сфера
Турбина франц. turbine от лат. turbineus — вихреобразный
Трубо от лат. turbo — вихрь, волчок, веретено
Турбулентный от лат. turbulentus — беспорядочный, бурный

У

Ультра... от лат. ultra — далее, более, сверх
Уни... от лат. unus — один; часть сложных слов, означающая: одно, едино
Униполярный см. уни + см. полярный

Ф

Фаза от греч. phasis — проявление, появление
Фазотрон см. фаза + см. (элек)трон
Ферро... от лат. ferrum — железо; составная часть сложных слов, означающая: железный, относящийся к железу
Фидер от англ. feed — питать
Физика от греч. physis — природа
Фильм от англ film — пленка
Флогистон от греч. phlogistos — горючий
Флотация от англ. flotation — всплывание
Флюид от лат. fluidus — текучий
Флюктуация (флуктуация) от лат. fluctuatio — колебание, волнение
Флюоресценция (флуоресценция) от лат. fluor — течение, текущая жидкость, поток
Фокус от лат. focus — очаг, огонь
Фоно..., ...фон — от греч. phone — голос, звук, речь, слово
Фонограмма см. фоно + греч. gramma — запись
Фонограф см. фоно + греч. grapho — пишу
Фонон от греч. phone — звук
Форвакуум от нем. vor — перед + + лат. vacuum — пустота
Формула от лат. formula — форма, определенное правило, образ, вид
Фосфоресценция от греч. phos — свет + + phoros — несущий
Фото... от греч. phos (photos) — свет; первая составная часть сложных слов, связанных со светом
Фотография от греч. phos (photos) — свет + греч. grapho — пишу
Фотокатод см. фото + катод
Фотолюминесценция см. фото + люминесценция
Фотометр см. фото + греч. metreo — измеряю
Фотон от греч. phos (photos) — свет
Фотосинтез от греч. phos — свет + греч. synthesis — соединение, сочетание, составление
Фотоэффект см. фото + лат. effectus — действие
Фрикционный от лат. frictio — трение
Фронт от франц. front (от лат. frons) — лоб, передняя сторона

Х

Хаос от греч. chaos — в древнегреческой мифологии — зияющая бездна, беспорядочная смесь материальных элементов мира
Хроматизм от греч. chroma — цвет
Хронограф от греч. chronos — время + + греч. grapho — пишу
Хронометр от греч. chronos — время + + греч. metreo — измеряю

Ц

Центнер нем. Zentner от лат. centum — сто
Центр лат. centrum от греч. kentron — острие, средоточие
Центрифуга от центр + лат. fuga — бегство
Цикл от греч. kyklos — колесо, круг, кругооборот
Циклотрон от греч. kyklos — кругооборот + см. (элек)трон
Цуг от нем. Zug — запряжка лошадей гуськом, шествие

Ш

Шкала от лат. scala — лестница
Шлюз от немец. Schleuse
Шрот-эффект от нем. Schrot — дробь + лат. effectus — действие
Штатив от лат. stativus — стоящий
Штепсель от нем. Stöpsel — пробка
Шток от нем. Stock — палка, ствол
Шунт от англ. shunt — ответвление

Э

Эбонит от греч. ebenos — черное дерево
Эквивалент от лат. aeguivalens — равноценное, равнозначащее, равносильное
Эквипотенциальная от лат. alquus — равный + лат. potentia — возможность, сила

Экзо...— от греч. exo — снаружи, вне
Экзосфера см. экзо + греч. sphaira — шар
Экзотермический см. экзо + греч. therme — тепло; теплоотдающий
Экран от франц. ecran — ширма
Эксперимент от лат. experimentum — проба, опыт
Экспозиция от лат. expositio — показывание, выставление напоказ
Электрификация см. электри (чество) + + лат. facere — делать
Электричество от греч. elektron — смола, янтарь
Электро...— первая составная часть сложных слов, соответствующая слову «электрический»
Электрод см. электр (ичество) + греч. hodos — дорога, путь
Электродинамика см. электр (ичество) + греч. dinamikos — силовой
Электролиз — см. электро + греч. lysis — расторжение, растворение
Электролит см. электро + греч. lytos — растворенный
Электрометр см. электро + греч. metreo — измеряю
Электрон от греч. elektron — янтарь, смола
Электроскоп см. электро + греч. skopeo — смотрю
Электростатика см. электро + греч. statike — учение о равновесии (или греч. statos — стоящий)
Электрострикция см. электро + лат. strictio — стягивание
Электрофор см. электро + греч. phoros — несущий
Элемент от лат. elementum — стихия, первоначальное вещество
Элементарный от лат. elementarius — первоначальный, простейший, основной
Эмиссия от лат. emissio — испускание, излучение
Эмиттер от лат. emittere — испускать, излучать, излучатель
Энергия от греч. energeia — действие, деятельность
Эпископ от греч. episkopeo — смотрю на что-либо
Эрг от греч. ergon — дело, работа
Эрозия от лат. erosio — разъедание
Эталон от франц. etalon
Эфир от греч. aither — самый верхний, лучезарный слой воздуха
Эффект от лат. effectus — действие

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

СОДЕРЖАНИЕ

Акустика

Молекулярная физика. Теплота

Электричество и магнетизм

Оптика

Физика атома и ядра

Данные из смежных наук

Сведения из астрономии и геофизики

Сведения из химии

Сведения из техники

* *
*

Учебное издание

Енохович Анатолий Сергеевич

СПРАВОЧНИК ПО ФИЗИКЕ

Зав. редакцией *В. А. Обменина*
Редактор *Т. П. Каткова*
Младшие редакторы *Л. И. Заседателева, Т. Н. Клюева*
Художественный редактор *В. М. Прокофьев*
Художник *А. Ф. Сысоев*
Технический редактор *Н. А. Киселева*
Корректор *М. Ю. Сергеева*

ИБ № 12379

Сдано в набор 23.11.89. Подписано к печати 04.10.90. Формат $60\times90^{1}/_{16}$. Бум. типограф. № 2. Гарнит. Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 24,0+0,25 форз. Усл. кр.-отт. 24,69. Уч.-изд. л. 30,54+0,42 форз. Тираж 127 400 экз. Заказ № 683. Цена 1 р. 40 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и массовой информации РСФСР. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Саратовский ордена Трудового Красного Знамени полиграфический комбинат Министерства печати и массовой информации РСФСР. 410004, Саратов, ул. Чернышевского, 59.

Издательство «Просвещение» в подписной серии «Библиотека учителя физики» за 1987—1990 гг. выпустило следующие книги:

1. Физика в школе. Сборник нормативных документов / Сост. Н. А. Ермолаева, В. А. Орлов.— 1987.

2. Межпредметные связи курса физики в средней школе / Под ред. Ю. И. Дика.— 1987.

3. Хорошавин С. А. Физический эксперимент в средней школе (6—7 кл.).— 1988.

4. Мощанский В. Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики.— 1989.

5. Шахмаев Н. М., Шилов В. Ф. Физический эксперимент в средней школе. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика.— 1989.

6. Тарасов Л. В. Современная физика в средней школе.— 1990.

7. Енохович А. С. Справочник по физике.— 1990.

Планируется в этой же серии за период 1991—1995 гг. выпустить следующие книги:

1. Шахмаев Н. М., Павлов Н. И., Тыщук В. И. Физический эксперимент в средней школе. Колебания и волны. Квантовая физика.— 1991.

В книге описаны методика и техника постановки демонстрационных опытов по физике, предусмотренных действующей программой общеобразовательной школы.

2. Ланина И. Я. Не уроком единым. Развитие интереса к физике.— 1991.

Методика и технология проведения различных внеклассных мероприятий, каждое из которых расширяет знания по физике, развивает их творческие способности, возбуждает интерес к предмету, учит применять знания на практике.

3. Мултановский В. В. Физика как компонент естественнонаучной картины мира.— 1992.

Книга посвящена мировоззренческим вопросам физики. В популярной форме рассматриваются исходные физические структуры и взаимодействия, образующие Вселенную. Раскрываются физические картины отдельных областей материального мира, связь между ними, средства их отражения в сознании человека.

4. Усова А. В. и др. Технологии обучения физике в средней школе.— 1993.

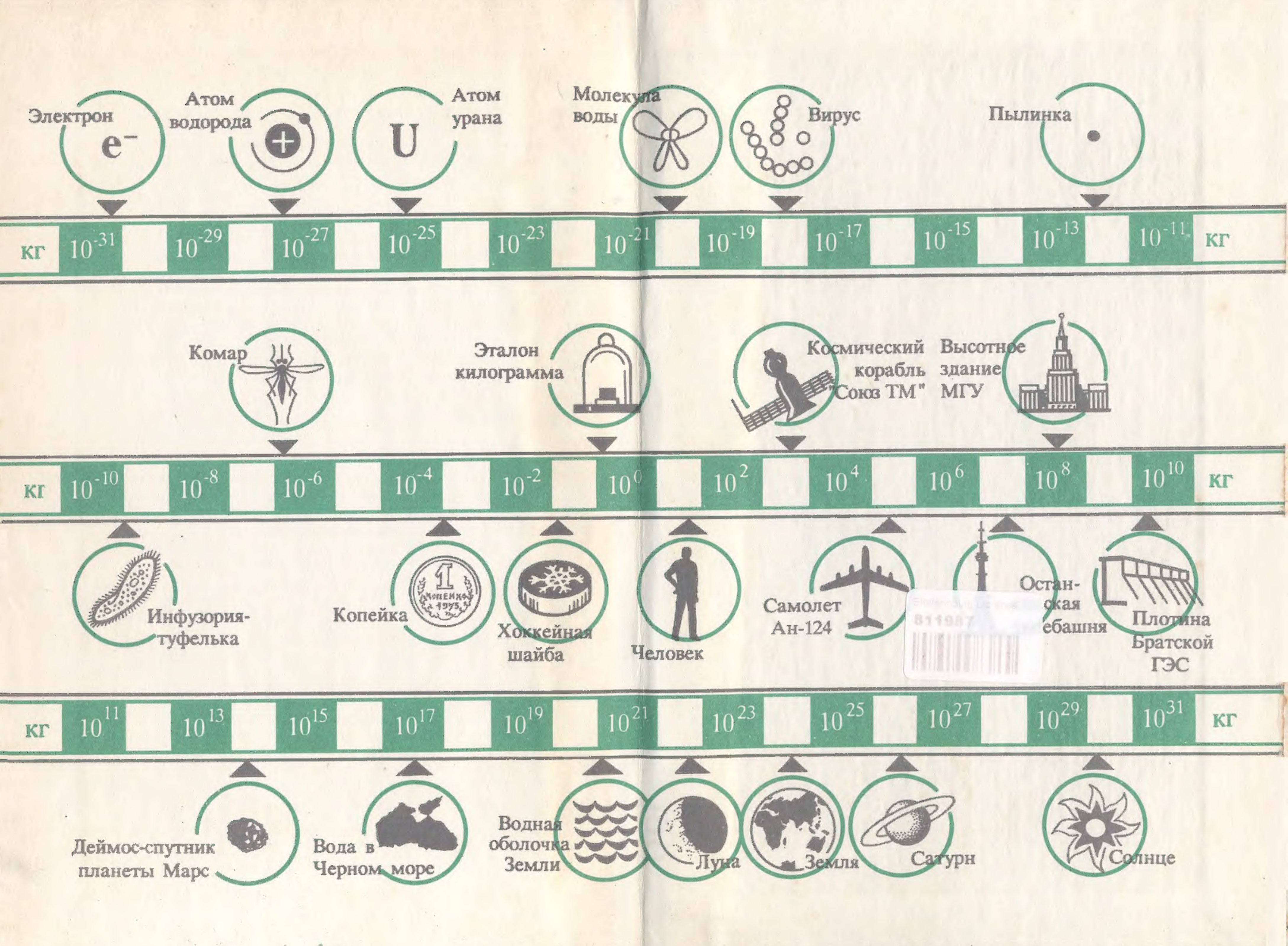
Актуальная педагогическая проблема сегодня — внедрение в практику преподавания новых технологий обучения предмету. В пособии она реализуется на конкретных примерах эффективных форм учебных занятий: конференций, лекций, внутрипредметных и межпредметных семинаров, интегративных уроков, собеседований и консультаций, физического практикума, бригадно-групповой формы учебной работы и др.

5. Тарасов Л. В. Экологизация школьного курса физики.— 1994.

Материалы книги отражают новую структуру школьного курса физики (содержание и методику обучения), учитывающую современные требования к экологическому образованию школьников. Проблема экологизации преподавания физики проанализирована на всех ступенях средней школы — при раннем знакомстве с физическими понятиями и явлениями в естествознании (I—VI кл.), при изучении базового курса физики (VII—X кл.) и углубленного профильного курса (X—XI кл.).

6. Овчинников Ю. П. и др. Современный школьный кабинет физики.— 1995.

Авторы знакомят читателей с современным кабинетом физики, в котором используется блочная система оборудования, обеспечивающая новые технологии обучения с учетом современных достижений науки и техники.



Электрон
e⁻
Атом водорода
Атом урана
U
Молекула воды
Вирус
Пылинка
кг
10^-31
10^-29
10^-27
10^-25
10^-23
10^-21
10^-19
10^-17
10^-15
10^-13
10^-11
кг
Комар
Эталон килограмма
Космический корабль "Союз ТМ"
Высотное здание МГУ
кг
10^-10
10^-8
10^-6
10^-4
10^-2
10^0
10^2
10^4
10^6
10^8
10^10
кг
Инфузория-туфелька
Копейка
Хоккейная шайба
Человек
Самолет Ан-124
Останкинская телебашня
Плотина Братской ГЭС
кг
10^11
10^13
10^15
10^17
10^19
10^21
10^23
10^25
10^27
10^29
10^31
кг
Деймос-спутник планеты Марс
Вода в Черном море
Водная оболочка Земли
Луна
Земля
Сатурн
Солнце

1 р. 40 к.

